

日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
in this Office.

出願年月日 2002年 9月27日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-282173  
Application Number:

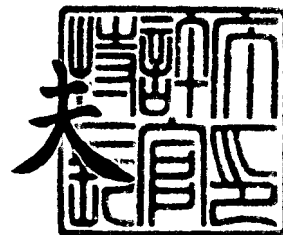
[T. 10/C]: [JP 2002-282173]

願 人 株式会社日立製作所  
Applicant(s): 日立電子エンジニアリング株式会社  
株式会社日立ハイテクノロジーズ

2003年10月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2003-3081187

【書類名】 特許願

【整理番号】 K02001661A

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

【氏名】 渋谷 久恵

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

【氏名】 高木 裕治

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】 000233480

【氏名又は名称】 日立電子エンジニアリング 株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 欠陥データ解析方法及びその装置並びにレビューシステム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に回路パターンを形成する工程で処理された被処理基板を検査して得られた欠陥のデータから欠陥の分布を解析する方法であって、前記被処理基板を検査して得られた欠陥の位置の情報から該欠陥の前記被処理基板上の分布を求め、該求めた欠陥の分布の特徴を該欠陥の前記被処理基板上の位置情報を用いて、繰り返し欠陥、密集欠陥、円弧状分布欠陥、放射状分布欠陥、線状分布欠陥、環・塊状分布欠陥、ランダム欠陥の分布特徴カテゴリのうちの何れかに分類することを特徴とする欠陥データ解析方法。

【請求項 2】

前記円弧状分布欠陥は、前記欠陥の X Y 直交座標空間上の分布の特徴から欠陥分布の中心候補点を求め、該中心候補点を原点とする各欠陥の極座標情報から抽出することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥データ解析方法。

【請求項 3】

前記欠陥分布の中心候補点は、前記被処理基板上に分布する欠陥のうちの任意の 2 つの欠陥を結ぶ直線を垂直に 2 等分する直線が交わる点のうち、より多くの垂直 2 等分線が交わる点を中心候補として抽出することを特徴とする請求項 2 記載の欠陥データ解析方法。

【請求項 4】

前記円弧状分布欠陥に分類された欠陥を、CMP（ケミカル・メカニカル ポリッシング）加工により発生したスクラッチであると判定することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥データ解析方法。

【請求項 5】

前記放射状分布欠陥は、前記被処理基板上に分布する欠陥の X Y 直交座標空間上の情報に基づいて極座標空間上の分布データを作成し、該極座標空間上の分布データから前記放射状分布欠陥を抽出することを特徴とする請求項 1 記載の欠陥データ解析方法。

**【請求項 6】**

前記被処理基板上に分布する欠陥の直交座標空間上の情報は、前記被処理基板上に分布する欠陥のうちの任意の 2 つの欠陥を結んだ直線の前記 X Y 直交座標空間の原点からの距離の情報と、前記 X Y 直交座標の原点から任意の 2 つの欠陥を結んだ直線へ引いた垂線の X 軸と成す角度の情報とを用いて前記極座標空間上の位置情報に変換することを特徴とする請求項 5 記載の欠陥データ解析方法。

**【請求項 7】**

基板上に回路パターンを形成する工程で処理された被処理基板を検査して得られた欠陥のデータから欠陥の分布を解析する方法であって、

前記被処理基板を検査して得られた欠陥の位置の情報から該欠陥の前記被処理基板上の分布を求める工程と、

該求めた欠陥の分布の情報を用いて繰り返し欠陥を識別する工程と、

該求めた欠陥の分布の情報を用いて密集欠陥を識別する工程と、

該求めた欠陥の分布の情報を用いて円弧状分布欠陥を識別する工程と、

該求めた欠陥の分布の情報を用いて放射状分布欠陥を識別する工程と、

該求めた欠陥の分布の情報を用いて線状分布欠陥を識別する工程と、

該求めた欠陥の分布の情報を用いて環・塊状分布欠陥を識別する工程と、

該求めた欠陥の分布の情報を用いてランダム欠陥を抽出する工程と、

前記繰り返し欠陥を識別する工程からランダム欠陥を抽出する工程までで求めた欠陥の情報を処理して欠陥の分布のカテゴリごとに色を変えて画面上に表示する処理工程と

を備えたことを特徴とする欠陥データ解析方法。

**【請求項 8】**

前記処理工程において、欠陥の情報を、ウェハマップ形式で画面上に表示することを特徴とする請求項 7 記載の欠陥データ解析方法。

**【請求項 9】**

前記円弧状分布欠陥を識別する工程と前記放射状分布欠陥を識別する工程とにおいて、前記求めた欠陥の分布の情報に基づいて作成した欠陥の極座標情報を用いて前記円弧状分布欠陥および前記放射状分布欠陥を識別することを特徴とする請

求項 7 記載の欠陥データ解析方法。

【請求項 1 0】

基板上に回路パターンを形成する工程で処理された被処理基板を検査して得られた欠陥の少なくとも欠陥位置座表を含む欠陥データに基づいて、全欠陥の位置をウェーハ原点基準の座標系で表したウェーハマップを作成し、前記ウェーハマップから 2 欠陥を取り出す任意の組合せについて、前記 2 欠陥の垂直二等分線が通過する点を前記 2 欠陥の距離に関連づけられた重み付を行った上で  $x$   $y$  空間に投票し、投票空間上の最大値に対応する  $(x, y)$  を検出し、前記ウェーハマップを前記検出された  $(x, y)$  を原点として  $r$   $\theta$  空間に極座標変換し、前記極座標変換状で検出される水平な線分に基づいて円弧状分布欠陥を識別することを特徴とする欠陥データ解析方法。

【請求項 1 1】

基板上に回路パターンを形成する工程で処理された被処理基板を検査して得られた欠陥の少なくとも欠陥位置座表を含む欠陥データに基づいて、全欠陥の位置をウェーハ原点基準の座標系で表したウェーハマップを作成し、前記ウェーハマップから 2 欠陥を取り出す任意の組合せについて、前記 2 欠陥を結ぶ線分に対応する  $\rho$ ,  $\theta$  を前記 2 欠陥の距離に関連づけられた重み付を行った上で投票し、投票空間上の複数のピークを検出し、 $\rho = 0$  を中心とした所定の範囲への投票の集中度が所定のしきい値を超える場合に、前記範囲に含まれるピークに基づいて放射状分布欠陥を識別することを特徴とする欠陥データ解析方法。

【請求項 1 2】

基板上に回路パターンを形成する工程で処理された被処理基板を検査して得られた欠陥のデータから欠陥の分布を解析する装置であって、前記被処理基板を検査して得られた欠陥の位置の情報を入力する入力手段と、該入力手段から入力された前記欠陥の位置の情報から該欠陥の前記被処理基板上の分布を求める欠陥分布算出手段と、該欠陥分布算出手段で求めた欠陥の分布の特徴を該欠陥の前記被処理基板上の位置情報を用いて、繰り返し欠陥、密集欠陥、円弧状分布欠陥、放射状分布欠陥、線状分布欠陥、環・塊状分布欠陥、ランダム欠陥の分布特徴カテゴリのうちの何れかに分類する欠陥分布特徴カテゴリ分類手段と、該欠陥分布特

微カテゴリ分類手段で分類した欠陥の分布特徴カテゴリに関する情報を出力する出力手段とを備えたことを特徴とする欠陥データ解析装置。

【請求項 13】

前記出力手段は表示部を備え、該表示部に前記欠陥分布特徴カテゴリ分類手段で分類した欠陥の分布特徴カテゴリに関する情報を分布特徴カテゴリごとに色を変えて表示することを特徴とする請求項 12 記載の欠陥データ解析装置。

【請求項 14】

被処理基板上に発生した欠陥をレビューするレビューシステムであって、  
光あるいは電子線で被処理基板の表面を走査することによって該被処理基板表面の異物またはパターン欠陥を検出して該検出した異物またはパターン欠陥の少なくとも位置座標を含む欠陥データを出力する検査装置と、

該検査装置から出力された欠陥データに含まれる前記欠陥の位置座標の情報を  
用いて前記欠陥の分布の特徴を求め該求めた分布の特徴から、繰り返し欠陥、密集欠陥、円弧状分布欠陥、放射状分布欠陥、線状分布欠陥、環・塊状分布欠陥、ランダム欠陥の分布特徴カテゴリのうちの何れかに分類する欠陥データ解析装置と、

該欠陥データ解析装置で分類した欠陥を光あるいは電子線で画像を取得してレビューするレビュー装置と  
を備えたことを特徴とするレビューシステム。

【請求項 15】

前記欠陥データ解析装置は、前記レビュー装置によるレビュー結果と前記欠陥データ解析装置で識別した欠陥分布パターンの情報とをもとにレポートを作成することを特徴とする請求項 14 記載のレビューシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体ウェーハの製造工程において、検査装置によって検出された欠陥データから、欠陥分布状態を解析する、欠陥データ解析方法及びその装置並びにレビューシステムに関する。

**【0002】****【従来の技術】**

半導体基板上に回路パターンを形成する半導体デバイスの製造工程（以下、半導体ウェーハの製造工程という）においては、歩留まり向上及び安定化を目的として、各工程後にパターン欠陥検査あるいは異物検査が実施され、検査結果の解析が行われる。その一手法として、欠陥分布状態の解析が知られている。欠陥分布の偏りは、そのほとんどが装置またはプロセスに異常が原因となって発生する。そこで、装置またはプロセス異常に特有の欠陥分布パターンを識別することにより、不良原因を推定することが試みられている。

**【0003】**

これに関連する従来の技術として、特許文献1には、欠陥分布から欠陥が集中して存在する領域をクラスタとして認識し、クラスタの面積と形状に基づいてレビュー（検出された欠陥を光学顕微鏡あるいは走査電子顕微鏡等で観察すること）するポイントを選択する方法が、特許文献2には、欠陥マップがクラスタ化している様子に従ってウェーハをグループ分けし、その様子が既知のパターンと類似しているかどうかを判定することにより不良原因の特定を行う方法が、また、特許文献3には、不良分布画像データを不良原因推定可能な事例データベースと照合解析することにより不良原因の特定を行う方法、特許文献4には、欠陥を分布状態に基づいて不良原因と関連づけられたユーザ定義イベントに分類する方法がそれぞれ記載されている。

**【0004】**

上記特許文献3記載の方法によると、ウェーハ領域に対応した画像データの画素値を画素に対応する領域の欠陥数に比例した値とした不良分布画像データを作成する。不良分布画像データから、欠陥が集中して塊になった部分すなわちクラスタを検出する。クラスタ部分を対象として、事例データベースとの照合を行う。照合度の高いデータに付帯された情報に基づいて不良原因を特定する。

**【0005】**

特許文献4記載の方法によると、欠陥が集中した部分をその形状により微細構造クラスタ、線状クラスタ、不定形クラスタに分類し、その他の部分をグローバ



ルとして分類する。それぞれをユーザ定義イベントに細分類し、不良原因と関連づける。

【0006】

【特許文献1】

特開平10-214866号公報

【特許文献2】

特開平6-61314号公報

【特許文献3】

特開平11-45919号公報

【特許文献4】

米国特許5,982,920号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記方法では、顕著な欠陥分布パターンが現れた場合にはクラスタとして認識することができる。しかし、識別すべき欠陥分布パターンが微弱である場合、すなわち欠陥密度が低かったりパターン内外の差が小さかったりする場合については、特許文献3では考慮されていない。特許文官4に開示された方法によれば、このような場合はグローバルとして分類されるが、その中には様々な形状が混在するため、不良原因と関連づけるためにユーザ定義イベントに細分類する必要がある。

【0008】

本発明の目的は、微弱な欠陥分布パターンに対応可能な、ユーザによる定義不要の、不良原因特定を支援する情報を高速に出力する欠陥データ解析方法およびその装置並びにレビューシステムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明では、基板上に回路パターンを形成する工程で処理された被処理基板を検査して得られた欠陥のデータから欠陥の分布を解析する方法において、被処理基板を検査して得られた欠陥の位置の情報からこの欠

陥の被処理基板上の分布を求め、この求めた欠陥の分布の特徴を欠陥の被処理基板上の位置情報を用いて、繰り返し欠陥、密集欠陥、円弧状分布欠陥、放射状分布欠陥、線状分布欠陥、環・塊状分布欠陥、ランダム欠陥の分布特徴カテゴリのうちの何れかに分類するようにした。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

#### 【0011】

図1は、本発明の欠陥データ解析方法の概念を表す図である。

#### 【0012】

本発明の欠陥データ解析方法の第一の実施例では、半導体ウエハの検査装置101から出力される欠陥データ102には、少なくとも欠陥の位置座標が含まれている。103a、bは、欠陥位置をウエハの中の一点を原点とした座標系で表したウエハマップである。検査装置が出力する欠陥の位置座標は、ウエハの中の一点を原点とした座標系で記述されている場合と、チップ毎に原点を持つ座標系で記述されている場合があり、前者の場合はそのX、Yの座標値をそのまま用いるが、後者の場合はチップ内の位置座標をチップ配列情報とチップサイズの情報を用いて座標系を変換する必要がある。ウエハマップ上の欠陥分布状態に基づいて、繰り返し欠陥識別、密集欠陥識別、円弧状分布識別、放射状分布識別、線状分布識別、環・環状分布識別、ランダム欠陥抽出の処理により欠陥点の各分布特徴カテゴリへの分類を行う。

#### 【0013】

繰り返し欠陥は、複数のチップにわたってチップ内のほぼ同じ位置に存在する欠陥である。原因としてはレチクル欠陥、虚報などが考えられる。104a、b上の黒点で示す部分は、103a、bにそれぞれ対応する繰り返し欠陥である。

#### 【0014】

図2は、繰り返し欠陥識別のフローを示す図である。まず欠陥位置座標から全ての欠陥位置をチップ原点基準の座標で表したチップ重ね合わせマップを作成する(S201)。欠陥の位置座標がウエハ全体の座標系で記述されている場合は

、チップ配列情報とチップサイズの情報を用いてチップ原点の座標系に変換する必要がある。次に、最近点ボロノイ図を作成し、チップ重ね合わせマップ上で隣接する欠陥間の距離を求めておく（S202）。

#### 【0015】

図3に、最近点ボロノイ図の例を示す。最近点ボロノイ図とは、各座標点の勢力範囲を表す図である。座標点Pの勢力範囲は、最も近い座標点がPである点の集合と定義する。これは、Pを取り囲む多角形で表され、Pのボロノイ領域と呼ばれる。Pのボロノイ領域に接するボロノイ領域に対応する点はPの隣接点である。次に、同一チップ内でクラスタ化している欠陥、すなわち隣接欠陥が同じチップでありかつ距離dが予め指定されたしきい値d1以下となる欠陥を処理対象から除く（S203）。残った欠陥の中から、クラスタ化している欠陥、すなわち欠陥間距離dが予め指定されたしきい値d2以下である欠陥をつなげてグルーピングし、予め指定された個数以上の欠陥からなるグループを繰り返し欠陥として検出する（S204）。繰り返し欠陥はグループ毎に、グループ番号を付加する。グループを特徴づけるチップ内座標、構成欠陥数、チップ数を算出、記録しておく。

#### 【0016】

密集欠陥は、ウェーハマップ上で隣接する欠陥との距離が非常に小さい、通常クラスタ欠陥と呼ばれるものである。原因としてはデフォーカス、マイクロスクラッチなどが考えられる。105a、bの黒点で示す部分は、103a、bにそれぞれ対応する密集欠陥である。密集欠陥識別のためには、欠陥間の距離が予め指定されたしきい値以下である欠陥をつなげてグルーピングし、予め指定された個数の欠陥から構成されるグループを密集欠陥として検出する。ウェーハマップに対応する最近点ボロノイ図を作成して隣接する欠陥間の距離を求めておき、隣接欠陥への距離がしきい値以下であるかどうかをチェックする。あるいは、ウェーハマップを格子に分割して各点がどの格子に属するかを予め調べておき、同じ格子か隣の格子にある欠陥の間の距離がしきい値以下であるかどうかをチェックしてもよい。密集欠陥はグループ毎にグループ番号を付加し、グループを特徴づける重心座標、最大x/y座標、最小x/y座標、面積、欠陥密度、構成欠陥数な

どを算出、記録しておく。

#### 【0017】

円弧状分布欠陥は、CMP(ケミカル・メカニカルポリッシング)工程のスクラッチが原因で円弧状に分布している欠陥である。ウェーハマップ103a、bに対応する円弧状分布欠陥はないので、別のウェーハの例を109に示しておく。

#### 【0018】

放射状分布欠陥は中心から外に向かって広がる筋状に分布している欠陥である。原因は中央からガスを吹き付けるタイプの装置の吹き出し口への異物付着などである。ウェーハマップ103a、bに対応する放射状分布欠陥はないので別のウェーハの例を110に示しておく。

#### 【0019】

線状分布欠陥は欠陥密度の高い部分が直線状に分布している欠陥である。原因としては搬送系傷、流れなどが考えられる。106a、bの四角で囲んだ部分は、103a、bにそれぞれ対応する線状分布欠陥である。線状分布といっても厳密に一直線上に並んでいるわけではなく、ある程度の幅を持つものである。

#### 【0020】

環・塊状分布欠陥は欠陥密度の高い部分が環状あるいは塊状に分布している欠陥である。原因としては周辺剥がれ、装置汚染などが考えられる。107a、bの実線で囲んだ部分は、103a、bにそれぞれ対応する環・塊状分布欠陥である。

#### 【0021】

上記のいずれの種類にも分類されなかったものをランダム欠陥として抽出する。108a、bは、103a、bにそれぞれ対応するランダム欠陥である。

#### 【0022】

次に本発明の円弧状分布欠陥識別方法について図4、5を参照しながら詳細に説明する。

#### 【0023】

図4は、本発明の円弧検出の原理を説明する図である。図4(a)に示すように、円弧上にある点列の任意の2点を選んで垂直二等分線を引くと1点で交わる

。その交点は円弧の中心である。このことから、 $x$   $y$  空間上の点群から 2 点を取り出す全ての組合せについて垂直二等分線の通る点を  $(x, y)$  に投票し、投票数最大となる  $(x_0, y_0)$  を円弧の中心候補として検出することができる。この時点では半径  $r$  の情報が失われているため、中心候補  $(x_0, y_0)$  を原点として全ての点を図 4 (b) に示すように  $(r, \theta)$  へ変換する、極座標変換を行う。 $x$   $y$  空間で円弧上の点列は半径  $r$  が一定であるから、極座標空間上で水平な直線上に分布する。したがって、円弧に対応する水平な線分を検出し、 $x$   $y$  空間に逆変換することによって円弧が検出される。

#### 【0024】

図 5 は、上記原理による本発明の円弧状分布欠陥識別のフローを示す図である。

#### 【0025】

始めに、欠陥座標の任意の 2 点を選んでそれらの垂直二等分が通る点への投票を行う (S 501)。投票空間はウェーハマップの 2 倍から 3 倍程度とする。2 点の選び方は全ての組合せとするとよいが、時間短縮のためランダムに間引いてもかまわない。適切な前処理によって、円弧を構成しないと判別できる点を除いてもよい。例えば、前述の繰り返し欠陥を除く。また、前述の密集欠陥のうち、円弧状分布として考えられる幅と比較して非常に大きな幅を持つ塊の欠陥を除く。投票の際には、距離が近すぎるものは誤差が大きく、遠すぎるものは、お互いに関係ない点である可能性が高いため、2 点間の距離に基づく重み付を行って、距離が近すぎるもの、遠すぎるものの寄与を低減する。

#### 【0026】

次に投票値最大の  $(x, y)$  を中心候補として検出する (S 502)。周りの値と比較することによってピークの鋭さをチェックし、鋭いピークでなければ処理を終了する (S 503)。鋭いピークであれば、投票値最大の  $(x, y)$  を原点として、全ての欠陥座標を  $(r, \theta)$  に変換し、 $r$   $\theta$  空間上欠陥密度を濃淡で表した極座標変換画像を作成する (S 504)。 $r$  軸への投影を算出し、投影値最大の  $r$  を見つける (S 505)。

#### 【0027】

次に、判別分析法、パーセントイル法など適当な方法でしきい値を求め、極座標変換画像を二値化する（S506）。投票値最大の  $r$  の位置で、水平な線分を検出する（S507）。所定のしきい値以下の断絶は連続しているとみなした上で、連続した区間が所定のしきい値以上の部分を線分とする。このような線分が検出されない場合は処理を終了する（S508）。検出された線分を  $x y$  空間に逆変換して得られる円弧からあるしきい値以内の距離にある欠陥を円弧状分布欠陥として検出する（S509）。検出された円弧状分布欠陥を処理対象から除いて（S510）S501からの処理を繰り返す。

#### 【0028】

本実施例では、垂直二等分線による  $x y$  空間への投票によって中心を検出する方法について詳しく説明したが、別の方法で中心を検出してもかまわない。一点を通る円の軌跡を  $(x, y, r)$  からなる円のパラメータ空間に投票する方法、任意の3点を選んでこれらを通る円を算出し、 $(x, y, r)$  のパラメータ空間に投票する方法などが考えられる。

#### 【0029】

次に本発明の放射状分布欠陥識別方法について図6、7を参照しながら詳細に説明する。

#### 【0030】

本発明の放射状分布識別には、ハフ変換を改良した、組合せハフ変換を利用する。まず基本となるハフ変換について説明する。図6は、ハフ変換の原理を説明する図である。 $x y$  空間上の直線は原点からの距離  $\rho$  と垂線の角度  $\theta$  の二つのパラメータで表現される。 $x y$  空間上の点  $P_1$  を通る直線を  $\rho \theta$  空間にプロットすると、その軌跡は図に示すように  $(\theta_1, \rho_1)$   $(\theta_2, \rho_2)$  を通る曲線となる。 $x y$  空間上の他の点についても同様に曲線を描くことができる。図のように点群が一直線上に分布するときそれぞれの点の軌跡はこれらの点を通る直線を表す  $(\theta_2, \rho_2)$  で交差する。したがって  $x y$  空間上の点群の  $\rho \theta$  空間上の軌跡を  $(\theta, \rho)$  に投票し、投票数が極大となる  $(\theta, \rho)$  に対応する直線を検出することが行われている。

#### 【0031】

組合せハフ変換は、ハフ変換と同様、 $\rho$   $\theta$  空間への投票であるが、 $x$   $y$  空間上の 2 点を通る直線に対応する  $\rho$   $\theta$  空間上の 1 点にのみ投票する。 $x$   $y$  空間上の 2 点  $P_1$ ,  $P_2$  の座標をそれぞれ  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$  とすると、対応する  $\rho$  と  $\theta$  は次式により算出できる。

【0032】

【数 1】

$$\theta = \begin{cases} \tan^{-1}((x_1 - x_2)/(y_2 - y_1)) + \pi & (\text{if } y_2 - y_1 < 0 \cap x_1 - x_2 > 0) \\ \tan^{-1}((x_1 - x_2)/(y_2 - y_1)) - \pi & (\text{if } y_2 - y_1 < 0 \cap x_1 - x_2 \leq 0) \text{ ただし } |x_1| \geq |x_2| \\ \tan^{-1}((x_1 - x_2)/(y_2 - y_1)) & (\text{elses}) \end{cases}$$

... (数 1)

【0033】

【数 2】

$$\rho = \cos \theta \cdot (x_1 + x_2)/2 + \sin \theta \cdot (y_1 + y_2)/2 \quad \dots (\text{数 } 2)$$

【0034】

ただし、2 点のうち  $x$  座標の絶対値が大きい方を  $P_1$  とする。通常のハフ変換では  $\theta$  は  $-\pi/2 \sim \pi/2$  の範囲とするが、ここでは  $-\pi \sim \pi$  とする。つまり直線の傾きだけではなく向きも考慮している。図 7 に  $x$   $y$  空間上の 2 点の組合せと、 $\rho$   $\theta$  空間上の点の対応を示す。それぞれ同じ記号の点同士が対応している。図に示すように、放射状分布欠陥がある場合は  $\rho = 0$  付近の異なる  $\theta$  で多くのピークが検出されることを利用して識別を行う。

【0035】

図 8 は、本発明の放射状分布欠陥識別のフローを表す図である。

【0036】

始めに、欠陥座標の任意の 2 点を選んでそれらを通る直線に対応する  $\rho$   $\theta$  空間上の点への投票を行う (S801)。2 点の選び方は全ての組合せとするとよいが、時間短縮のためランダムに間引いてもかまわない。また、ウェーハの中心付

近の点は必ず  $\rho = 0$  付近に投票されて放射状分布欠陥からの投票に対するノイズになってしまうため、中心からの距離がしきい値以下である欠陥は除いておいてもよい。投票の際には、円弧状分布欠陥識別と同様、2点間の距離に基づく重み付を行って、距離が近すぎるもの、遠すぎるものの寄与を低減する。

#### 【0037】

次に、予め決められた数のピークを値の高いものから順に検出する (S802)。円弧状分布欠陥がある場合は  $\rho = 0$  付近に投票が集中するので、その集中度を調べるために、 $\rho = 0$  を中心とした所定範囲にあるピーク数の全検出ピーク数に対する割合  $\alpha$  を算出する (S803)。 $\rho = 0$  を中心とした所定範囲になされた投票の全投票に対する割合を  $\alpha$  としてもよい。 $\alpha$  が所定しきい値以下であるときは放射状分布欠陥がないと判定して、処理を終了する (S804)。

#### 【0038】

次に  $\rho = 0$  を中心とした所定範囲にあるピークに対して適当なしきい値を決めてピークの近傍、例えば  $5 \times 5$  の領域のみ二値化してラベリングを行う (S805)。しきい値はピーク値に対して一定の割合にするか、上記の近傍領域の値の大きい方から予め決められた画素数を“1”にするように決めればよい。ラベルの数が予め決められた数以上であれば放射状分布欠陥があると判定する (S806)。各ラベルの大きさから  $\rho$  と  $\theta$  の範囲を決定し、対応する  $x$   $y$  空間上の欠陥を放射状分布欠陥として検出する (S807)。

#### 【0039】

次に本発明の線状分布欠陥識別方法について図9、10を参照しながら詳細に説明する。

#### 【0040】

本発明の線状分布欠陥識別には、ハフ変換を利用する。図9は、線状分布欠陥識別のフローを示す図、図10は処理の例を示す図である。初めに、欠陥座標のハフ変換を行い (S901)、投票数最大の  $(\theta, \rho)$  を候補直線として検出する (S902)。図10(b)は、図10(a)に示すウェーハマップに対するハフ変換画像である。前述したように線状分布はある程度の幅を持っているため  $(\theta, \rho)$  の解像度を粗くしておく。しかし通常のハフ変換を実行すると、例え



ば密集欠陥が2カ所にあるとき2つの密集欠陥を結ぶ直線が検出されるという問題が生じる。密集欠陥が線状に分布していると考えられるため、密集欠陥を除去することも結果に悪影響を及ぼす。

#### 【0041】

この問題を解決するため、投票の際に欠陥間の距離あるいは欠陥間の距離の2乗に比例する重み付を行うことにより、密集欠陥の寄与を低減する。そのために、予めウェーハマップに対応する最近点ボロノイ図を作成し、欠陥間の距離を計算しておく。密集欠陥識別時にボロノイ図の作成をしていればそれを用いてもよい。また、ボロノイ領域の中には1個だけ欠陥が存在するから、ボロノイ領域の面積の逆数は対応する座標における局所的な欠陥密度であると言える。前述の重み付に欠陥密度の逆数、すなわちボロノイ領域面積を使用しても良い。

#### 【0042】

次に、図10(b)に示すように、候補直線を中心とした投票数最大値の $\alpha\%$ 以上の部分の $\rho$ 方向の幅 $W$ を求める(S903)。 $\alpha$ は予め指定されたしきい値であり、 $W$ は候補直線の幅と考えられる。次に、 $W$ が予め指定されたしきい値以下であるかをチェックする。しきい値より大きい場合、すなわち幅が広すぎるときは、線状分布がないと判断し処理を終了する(S904)。しきい値より小さい場合はウェーハマップを $-\theta$ 回転させた上で、候補直線の周辺の密度を表す濃淡画像を作成する(S905)。このとき画素サイズは $W$ と等しくする。

#### 【0043】

図10(c)に示す格子は濃淡画像の画素に対応している。ただし図中ではウェーハマップを $-\theta$ 回転させるかわりに格子を $\theta$ 回転させて示してある。濃淡画像は欠陥密度が高い格子に大きい画素値を、欠陥密度が低い格子に小さい画素値を対応させるように作成する。例えば格子の中の欠陥数に比例させるなどである。密集欠陥の寄与を低減させるためのハフ変換処理時と同様の重み付を行っても良い。

#### 【0044】

次に判別分析法などの適切な方法を用い、濃淡画像を図10(d)に示すように二値化し、二値画像から線状分布の有無を判断する(S906)。図10(d)

）の黒で示す部分は線状分布欠陥の候補である。中央の列は候補直線の位置に対応するので、線状分布有無の判断は、中央の列の候補部分の長さ、連続しているかどうか、左右の列の分布の有無を数値化して予め指定したしきい値と比較することにより行う。

#### 【0045】

図10（d）に示す例では、図10（e）の実線の四角の部分が線状分布であると判断できる。線状分布がない場合は処理を終了する（S907）。線状分布がある場合は、図10（f）に示すように図10（e）を $\theta$ 回転させてウェーハマップの対応する位置に重ね、実線の四角の内側の欠陥を線状分布欠陥として検出する（S908）。

#### 【0046】

検出した線状分布欠陥を次の処理対象から除き（S909）、S901からの処理を繰り返す。一回の処理で検出される線状分布毎にグループ番号を付加し、位置・幅・角度・長さ・欠陥密度などの特徴量を算出、記録しておく。

#### 【0047】

次に、本発明の環・塊状分布欠陥識別方法について詳細に説明する。図11は本発明の本発明の環・塊状分布欠陥識別の概念を表す図である。最初のステップでは、欠陥の位置座標をもとに、欠陥密度の高い部分を1、低い部分を0で表した2値の画像を作成する。以後、この画像を高密度領域画像704と呼ぶことにする。次のステップで、高密度領域画像704の画像サイズに合わせて複数の幾何学的辞書パターン705が自動生成される。次に、高密度領域画像1104と自動生成された複数の幾何学的辞書パターン画像705との一致度がそれぞれ計算され、最後のステップで一致度の最も高いパターン画像706が選択される。

#### 【0048】

本発明の別の形態では、自動生成される幾何学的辞書パターン705の他にユーザによって辞書パターン707を予め登録しておき、両方の中から一致度の最も高いパターン画像706が選択される。パターン画像706とウェーハマップ103を重ね、パターン部に含まれる欠陥を環・塊状分布欠陥として検出する。

#### 【0049】

次に、それぞれのステップの詳細について説明する。

#### 【0050】

まず、欠陥位置座標に基づいて高密度領域画像 704 を作成する方法について説明する。

#### 【0051】

図 12 は、高密度領域画像 704 を作成するためのフローを表す図である。

#### 【0052】

初めに、全欠陥の座標点に対して最近点ボロノイ図を作成し、各点のボロノイ領域の面積を求める (S1201)。前述の線状分布欠陥識別処理でこの計算を行っていればその結果を用いてもよい。次に、ボロノイ領域の面積のヒストグラムを計算する (S1202)。ただし、繰り返し欠陥、密集欠陥、線状分布欠陥のいずれかに分類された欠陥はヒストグラムの計算に含めない。ヒストグラムから最頻度値を求め、最頻度値に予め決められた数 (N とする) をかけて平方根を計算した値を画素サイズとし (S1203)、ウエハ全体が一枚の画像にちょうど収まるように画像サイズを決め、画素当たりの欠陥数を濃淡値で表した画像を作成する (S1204)。このような画像は、全画素を初期値 0 とし、各欠陥について座標に対応する位置の画素値を 1 ずつ増加していくことによって作成される。このとき、N が大きすぎると画像サイズが小さくなり、形状の認識が難しくなってしまうので 5 程度にするとよい。逆に N が小さすぎると高密度部分と低密度部分の濃度差が小さくなり、判別が困難になってしまう。

#### 【0053】

次に、予め決められたしきい値 (T とする) を用いて二値化し、高密度部分を 1、低密度部分を 0 で表した画像を得る (S1205)。ここで T は N と同程度にすると良い。得られる画像には、欠陥密度が相対的に高い部分のパターンが見られる。最後にそのパターンに対して膨張収縮処理を行い、高密度領域画像 1104 とする (S1206)。このような手法で画像を作成することにより、疎な分布であっても、適切な画素サイズを設定して、相対的に密度の高い領域を抽出することができる。また、S1204 で濃淡画像を作成し、S1205 で二値化する別の方法も考えられる。各欠陥に隣接欠陥との最短距離またはその二乗ある

いはボロノイ領域面積に比例する重み付を行った上で対応する位置の画素値に計算することによって濃淡画像を作成し、判別分析法を用いて二値化する。

#### 【0054】

次に、幾何学的辞書パターン画像705の自動生成方法について説明する。

#### 【0055】

幾何学的辞書パターン画像705は環状のパターンと塊状のパターンに分けて自動生成される。画像サイズは、高密度領域画像704と同じとし、画像上に描ける最大の円を基準として以下の方法でパターンを生成する。

#### 【0056】

環状パターンは、基準となる円を同心円によって半径方向に等分に分割し、扇形によって中心角方向に等分に分割されてできた小領域の組み合わせによって生成される。図13に示す、半径方向に5分割、中心角方向に8分割したパターンを例にとって小領域の組み合わせ方法について説明する。まず、半径方向に分割した円環（一番内側は円）に外側からa, b, c, d, eと記号を付け、中心角方向に8分割した扇形に順に1~8の番号を付ける。完全な円環または円の大きさの組み合わせは、a, b, c, d, e, ab, bc, cd, de, abc, bcd, cde, abcd, bcde, abcdeの15通りである。円環の部分のバリエーションは8分の1、8分の2、8分の3、8分の4、8分の5、8分の6、8分の7の大きさについてそれぞれ8通りの組合せがある。例えば8分の2の大きさの場合は12, 23, 34, 45, 56, 67, 78, 81の組合せである。これらの組み合わせに完全な円環1通りを加えて計57通りの組み合わせが考えられる。それぞれに対して前述の大きさの組み合わせ15通りが考えられるから、合計855通りのパターンが生成される。

#### 【0057】

半径方向および中心角方向の分割はこの通りでなくても良い。また、等分の分割である必要もないが、処理を煩雑にしないためには等分の方が望ましい。

#### 【0058】

塊状パターンは、基準となる円を垂直方向の直径を長軸とする楕円により水平方向に等分に分割し、かつ水平方向の直径を長軸とする楕円により垂直方向に等

分に分割してできる小領域の組み合わせによって生成される。

#### 【0059】

図14 (a) に水平方向、垂直方向にそれぞれ8分割した例を示す。水平方向の大きさと位置の組み合わせは、大きさは1から8までの8通りで、位置は大きさNのとき(9-N)通りであるから計36通りである。垂直方向も同様で、水平方向と垂直方向の組み合わせは自由にできるので1296通りのパターンが生成される。図14 (b) ~ (d) は、この方法によって生成されるパターンの例である。それぞれ黒く塗りつぶした部分がパターンに対応している。図14 (e) のように離れた領域の組み合わせや、図14 (f) のように凹凸のあるパターンはこの方法によっては生成されない。塊状パターンとしては、上記方法によって作成したパターンを基準となる円の中心を基準に45度回転させたものも考えられる。図14 (g) に、この場合の分割される小領域の様子を示す。どちらか一方を用いてもよいし、両方用いてもよい。また、分割数は8でなくてもよい。

#### 【0060】

以上の方法で幾何学的辞書パターン画像705を自動生成することにより、パターン数を実用的なレベルに押さえることができ、したがって高速な処理を実現できる。

#### 【0061】

次に、高密度領域画像704とそれぞれの辞書パターン画像705との一致度の算出方法について図15を用いて説明する。高密度領域画像704の各画素値を、辞書パターン画像705の同じアドレスの画素値と比較し、一致していれば+1 不一致ならば-1として全画素での比較の結果を合計し、この値を一致度とする。図15では、高密度領域画像704と辞書パターン画像の一部705a、705bを画素値1を黒で、画素値0を白で表している。708a、708bはそれぞれ、高密度領域画像704と辞書パターン画像705a、705bとの不一致箇所を黒で示した画像である。すなわち、これらの画像の白部分の画素値は1、黒部分の画素値は-1であり、全画素値の合計が一致度となる。708aと708bを比較すると708aの方が黒の面積が小さいので、705aのパターンの方が705bより高密度領域画像704との一致度が高い。

## 【0062】

以上説明した方法では、必ずパターン706が検出されるが、実際には非常に密度の低い場合や密度差の小さい場合はパターンなしとした方が良い。したがって検出したパターン706を検証しパターンの有無の判定を行う。以下にパターン有無の判定方法およびパターン検出の感度調整方法について説明する。パターンの有無の判定を行うためには、高密度領域画像704作成時に重み付を行う方法で濃淡画像作成し、その濃淡画像を用いる。検出したパターン画像706と濃淡画像を重ね、濃淡画像の画素値からパターン内外の判別分析値の比Cを次式を用いて算出する。

## 【0063】

【数3】

$$C = \frac{\omega_p \omega_b (\mu_p - \mu_b)^2}{\omega_p \sigma_b^2 + \omega_p \sigma_p^2} \quad \begin{cases} \omega_p, \omega_b : \text{パターン内外の画素数} \\ \mu_p, \mu_b : \text{パターン内外の濃淡画像の画素値の平均値} \\ \sigma_p, \sigma_b : \text{パターン内外の濃淡画像の画素値の標準偏差} \end{cases} \quad \dots (\text{数3})$$

## 【0064】

Cを予め指定したしきい値と比較し、しきい値以下の場合はパターンなしと判定する。また、S1202で得たヒストグラムにおいて最頻度値が予め指定したしきい値より低いときは以下の処理を行わないでパターンなしと判定する。前者のしきい値は小さく設定すればより密度差の小さいパターンを検出ようになる。また、後者のしきい値は小さく設定すればより欠陥密度の小さいパターンを検出ようになる。したがってこれらのしきい値をユーザによって指定されるようにすれば、ユーザによる感度調整が可能となる。

## 【0065】

ところで半導体ウェーハの検査は、スループットの制約から全面を検査するとは限らず、チップ列毎に検査・非検査を指定する部分検査が行われる場合も多い。この場合上記の環・塊状分布識別方法ではパターン検出が困難である。この問題を解決するための、環・塊状分布識別の別の方法について図16を参照しながら

ら以下に説明する。

#### 【0066】

図16は、部分検査ウェーハの欠陥データに適用可能な環・塊状分布識別の概念を表す図である。部分検査を実行した場合、ウェーハマップ103は例えば図に示すようになる。前述と同様の方法で高密度領域画像704を作成し、幾何学的辞書パターン705を自動生成する。一方、検査条件情報およびチップマトリックスデータをもとに、検査領域画像709を作成する。検査領域画像709と各幾何学的辞書パターン705を重ね、非検査領域をマスクして一致度の算出を行う。つまり、高密度領域画像704の、辞書パターン画像705、検査領域画像709を同時に走査し、非検査領域の場合には0、検査領域の場合には高密度領域画像704と辞書パターン画像705の画素値が一致していれば+1、不一致ならば-1を全画素について合計し、この値を一致度とする。このようにして各辞書パターン画像705との一致度を算出し、最も一致度の高いパターン画像706を選択する。この方法によれば、部分検査の場合でも辞書パターン705との一致度を精度良く算出することができるため、環・塊状分布欠陥識別が可能となる。

#### 【0067】

次に、ユーザパターン登録方法について以下に説明する。

#### 【0068】

図17は、ユーザパターン登録方法を説明する図である。初めにユーザは登録したいパターンを持つウェーハマップ901を指定して画面に表示させる。この指定は省略してもよくその場合は何も表示されない。次に、幾何学的辞書パターンの自動生成のもとになる、分割パターン902a～902cの中から一種類を選択する。902aは、図13に示す環状パターンと同一のものであり、902b、902cは図14(a)、(g)にそれぞれ示す塊状パターンと同一のものである。選択された分割パターン902はウェーハマップ901に重ねて表示される。また、選択された分割パターン902の各小領域はマウスクリックなどのユーザの指定により選択・非選択状態がスイッチされ、選択された領域が色違いで表示される。

**【0069】**

ユーザはウェーハマップ上で欠陥密度が高い位置、あるいは自由に小領域を選択し、選択終了後登録を指示する。指定された小領域の組み合わせは、自動生成されるパターンと比較され、自動生成されるパターンに含まれていない場合は、パターン画像903が、ユーザ登録パターン707として保存される。この方法によれば、ユーザ登録パターンとしてはパターン画像ではなく選択した小領域の組み合わせをコード化して記録しておけば充分である。

**【0070】**

図18は、上記と異なるユーザパターン登録方法を説明する図である。ユーザは登録したいパターンを持つウェーハマップ901を指定して画面に表示させる。前述した高密度領域画像作成方法によって高密度領域904が作成され、表示される。高密度領域904は自動生成される辞書パターンおよび既登録のユーザ登録パターンとの間で一致度が算出され、一致度の最大値が予め決められたしきい値以下であれば、ユーザ登録パターン707として登録される。この場合、ユーザ登録パターン707は画像データとして記録される。

**【0071】**

ユーザパターン登録方法としては、上記2種類の方法の両方を備えていてもよいし、どちらか一方でもよい。また、上記とは異なる方法でもかまわない。

**【0072】**

本発明の欠陥データ解析方法の第二の実施例では、環・塊状分布欠陥識別において、自動生成される幾何学的辞書パターン705とユーザ登録パターン707のそれぞれに関連する情報を付加しておき、第一の実施例と同様の方法でパターン画像706を選択する。

**【0073】**

付加する情報は、パターンの位置、サイズ、形状、重要度、特記事項である。幾何学的辞書パターン705のパターン位置、大きさ、形状については一定のルールにより大雑把な分類を行い、デフォルトの情報を付加しておく。塊状のパターンについては、パターンの位置は右上、上、左上、右、中央、左、右下、下、左下程度に分類、サイズは大、中、小程度に分類、形状は塊状とする。例えば図



14 (b) は、左上にサイズ小の塊状パターン、図14 (c) は、右にサイズ中の塊状パターン、図14 (d) は、中央にサイズ大の塊状パターンとなる。環状のパターンについては、右上に半径大の4分の1の環状パターンとする。ただし、塊状のパターンから派生したパターンであっても、一番外側一列のみのパターンであれば環状パターン、環状パターンから派生したパターンであっても、一番内側の円を含んでいれば塊状パターンとする。

#### 【0074】

さらに、幾何学的辞書パターン705およびユーザ登録パターンを手動でグルーピングし、まとめて情報を付加する手段を備えておき、ユーザが同一だと判断するパターンには同じ情報をつけられるようにする。これにより位置やサイズの情報 of 解像度を調整することができる。重要度の情報はユーザが入力する。特記事項には、直接不良原因と関連する情報などを入力する。

#### 【0075】

次に、本発明の欠陥データ解析方法を備えた検査装置の第一の実施例について説明する。以下の説明では繰り返し欠陥、密集欠陥、線状分布欠陥、環・塊状分布欠陥、ランダム欠陥を分布特徴カテゴリと呼ぶことにする。半導体ウェーハの検査装置としては、異物検査装置、光学式パターン欠陥検査装置、SEM式パターン欠陥検査装置などが知られているが、本発明の検査装置は、それら検査装置いずれかと同様の公知の方法で半導体ウェーハの検査を行い、得られる欠陥データ情報に基づき、前述の方法で分布特徴カテゴリへの分類を行い、カテゴリ情報を欠陥データ情報とともに出力するものである。

#### 【0076】

図19は、本発明の検査装置の第一の実施例の構成を説明する図である。

#### 【0077】

パターン情報付加手段301は、自動生成される複数の幾何学的辞書パターンとユーザ登録辞書パターンに対して、パターンの位置、サイズ、形状、重要度、特記事項といったパターンに関連する情報を付加する。幾何学的辞書パターンに対してデフォルトの情報を付加する部分と、幾何学的辞書パターンおよびユーザ登録辞書パターンに手動で情報を付加する部分からなる。パターン情報の付加は

オフラインで行われる。最低一回は実施して結果をハードディスクなどの記憶手段 3 0 2 にパターン情報ファイル 3 1 1 として保存しておくようにする。

#### 【 0 0 7 8 】

欠陥データ解析は、インラインとオフラインの両方のモードで実行することができる。

#### 【 0 0 7 9 】

検査手段 3 0 3 は公知の方法でウェーハ検査を行い、少なくとも欠陥位置座標を含む欠陥データ 1 0 2 を記憶手段 3 0 2 に保存する。

#### 【 0 0 8 0 】

インラインモードの場合、検査手段 3 0 3 は 1 枚毎のウェーハ検査終了時に検査終了の通知を欠陥データ解析手段 3 0 4 に送る。欠陥データ解析手段 3 0 4 は、記憶手段 3 0 2 よりウェーハ 1 枚分の欠陥データ 1 0 2 を読み込む。あるいは記憶手段 3 0 2 を介さずに欠陥データ 1 0 2 の受け渡しがなされるように構成してもよい。

#### 【 0 0 8 1 】

オフラインモードの場合、欠陥データ解析手段 3 0 4 は、オペレータにより指示されたウェーハの欠陥データ 1 0 2 を読み込む。

#### 【 0 0 8 2 】

欠陥データ解析手段 3 0 4 は、欠陥の位置座標をもとに分布特徴カテゴリへの分類を行い、各欠陥の欠陥データに、分布特徴カテゴリ番号とカテゴリ内のグループ番号を付加する。環・塊状分布欠陥が検出された場合は、記憶手段 3 0 2 からパターン情報ファイル 3 1 1 を読み出し、環・塊状分布欠陥の欠陥データにパターン画像番号またはパターン情報を付加し、検査と解析両方の結果を含む欠陥データ 1 0 2 として記憶手段 3 0 2 に保存する。インラインモードの場合は、解析の終了を検査手段 3 0 3 に通知する。

#### 【 0 0 8 3 】

分布特徴カテゴリへの分類結果は、表示手段 3 0 5 により表示される。ウェーハマップにカテゴリ毎に異なる色で表示しても良いし、図 1 に示すようにカテゴリ別にウェーハマップを作成して表示しても良い。同時にチップ重ね合わせマッ

ブを表示しても良い。また、環・塊状分布識別において選択されたパターン画像 706 は、検査対象ウェーハに関連する情報とパターンに付加されていたパターン情報とともに表示手段 305 により表示される。同時に検査対象ウェーハと関連づけて画像ファイルとして保存される。また、線状分布欠陥が検出された場合はその位置を示す四角形がウェーハマップに重ねて表示され、同時に位置・幅・角度・長さ・欠陥密度などの情報が表示される。これらの情報は検査対象ウェーハと関連づけて保存される。

#### 【0084】

ユーザパターン登録手段 306 は、オペレータの指示によりユーザ登録パターンを作成し、前述した方法の違いによりパターンコードあるいはパターン画像を記憶手段 302 に保存する。ユーザパターン登録手段 306 がない構成にすることも可能である。

#### 【0085】

次に、本発明の欠陥データ解析方法を備えた検査装置の第二の実施例について説明する。第二の実施例は、公知の方法で半導体ウェーハの検査を行い、得られる欠陥データ情報に基づき、前述の方法で欠陥の分布特徴カテゴリへの分類を行い、カテゴリ毎に予め指定されたルールに基づきサンプリングを行い、欠陥データとともに分類結果及びサンプリング結果を出力するものである。

#### 【0086】

図 20 は、本発明の検査装置の第二の実施例の構成を説明する図である。

#### 【0087】

パターン情報付加手段 301 は前述の情報の他に、サンプリング条件番号を付加する。同一のサンプリング条件を用いる辞書パターンを手動でグルーピングし、同じサンプリング番号をつける。その番号に対応するサンプリング条件がない場合は、サンプリング条件作成手段 307 によって、サンプリング条件を作成するようにする。

#### 【0088】

サンプリング条件作成手段 307 は、レビューを行う欠陥を決定するためのサンプリング条件を作成する。環・塊状分布欠陥のパターンに関連づけられたサン

プリング条件および他の分布特徴カテゴリ毎のサンプリング条件が手動で作成され、サンプリング条件ファイル 3 1 2 として記憶手段 3 0 2 に保存される。サンプリング条件は、例えばサンプリング数またはサンプリング比率とサンプリング方法である。サンプリング数とサンプリング比率はどちらで指定するかのを選択してから数値を入力する。サンプリング数はパターン内の欠陥数に対するサンプリング比率で決められる。サンプリング方法としては、ランダム、欠陥番号順など考えられる方法をリストアップしておき、ユーザによって選択されるようにしておく。欠陥番号順が指定されたとき、サンプリング比率に合う間隔でサンプリングを行う。

#### 【 0 0 8 9 】

検査手段 3 0 3、欠陥データ解析手段 3 0 4 の動作は、第一の実施例と同様である。

#### 【 0 0 9 0 】

サンプリング手段 3 0 8 は、欠陥解析終了後、記憶手段 3 0 2 よりサンプリング条件ファイル 3 1 2 とウェーハ 1 枚分の分布特徴情報付加済みの欠陥データ 1 0 2 を読み込む。欠陥データ 1 0 2 の受け渡しは、記憶手段 3 0 2 を介さずになされるように構成してもよい。次に欠陥データが分布特徴カテゴリのいずれであるのかによって、環・塊状分布欠陥であれば付加されているパターン情報に関連するサンプリング条件を用いてサンプリングを行い、その他であれば分布特徴カテゴリ毎のサンプリング条件に基づいてサンプリングを行う。サンプリングの結果、レビューする・しないのフラグが欠陥データに付加され、検査、解析、サンプリングの結果を含む欠陥データ 1 0 2 として記憶手段 3 0 2 に保存される。

#### 【 0 0 9 1 】

欠陥データ解析手段 3 0 4 によって選択されたパターン画像 7 0 6 は、検査対象ウェーハに関連する情報とパターンに付加されていたパターン情報とともに表示手段 3 0 5 により表示される。ウェーハマップ上にサンプリングされた欠陥が他の欠陥とは異なる色または記号で示されたものが表示される。図 2 1 に、結果表示画面の一例を示す。

#### 【 0 0 9 2 】

ユーザパターン登録手段 306 の動作は、第一の実施例と同様であるが、これがない構成とすることも可能である。

#### 【0093】

次に、本発明の欠陥データ解析方法を備えたレビューシステムについて説明する。

#### 【0094】

図 22 は、本発明のレビューシステムを説明する図である。

#### 【0095】

ネットワーク上には異物検査装置 401、光学式パターン欠陥検査装置 402、SEM 式パターン欠陥検査装置 403、欠陥データ解析装置 404、レビュー装置 405 が接続されている。各検査装置 401～403 とレビュー装置 405 はクリーンルーム内に設置される。欠陥データ解析装置 404 はどこにあってもよい。

#### 【0096】

各検査装置 401～403 によって検査された結果は欠陥データ 102 として同一形式でファイル出力され、欠陥データ解析装置 404 に転送される。欠陥データ解析装置 404 は、図 20 に示す検査装置から検査手段 303 を除いた構成である。欠陥解析対象ウェーハの欠陥データ 102 を読み込み、分布特徴カテゴリへの分類と、分類結果に基づくサンプリングを実行する。欠陥データ 102 に分布特徴情報とサンプリングフラグを付加してファイル出力し、欠陥データ 102' としてレビュー装置 405 に転送する。

#### 【0097】

レビュー装置 405 は、指定されたレビュー対象ウェーハに対応する、サンプリングフラグを付加された欠陥データ 102' を読み込み、その情報に従い欠陥をレビューし、手動あるいは自動で欠陥種の分類を行う。分類結果としてカテゴリ番号を欠陥データ 102' に付加して、ファイル出力し、欠陥データ解析装置 404 に転送する。同時に関連するレビュー画像も転送する。

#### 【0098】

欠陥データ解析装置 404 は、解析対象ウェーハの欠陥分布パターン、欠陥レ

ビュー結果をもとにレポートを作成して保存する。レポートに記述する情報は、対象ウェーハの情報、分布特徴カテゴリへの分類結果、レビュー画像とする。分布特徴と欠陥のレビュー画像が同時に示されることによって、原因の推定が容易になる。ユーザの要求によって、サンプリング位置情報、レビュー結果とサンプリング比率から算出される、推定欠陥種別比率、その他、公知の解析手段による解析結果などより詳細な情報を記述するようにしてもよい。レポートのファイル形式は何でもよいが、HTML形式のフォーマットとし、インターネットあるいはイントラネットで接続されるデータサーバ406にアップロードし、接続可能な任意の端末407から閲覧できるようにしてもよい。

#### 【0099】

以上、3種類の検査装置と、1台のレビュー装置が接続されている例を示したが、最低1台の検査装置と1台のレビュー装置が接続されているだけでもよい。また、各種検査装置およびレビュー装置が複数台あってもかまわない。各検査装置が本発明の検査装置の第二の実施例と同様の構成を持っているならば、検査装置の中で欠陥データ解析装置の機能が実現できるので、独立した欠陥データ解析装置は不要である。

#### 【0100】

上記の欠陥データ解析方法、およびそれを有する検査装置またはレビューシステムは、一枚のウェーハの欠陥データを処理することを前提としているが、サンプリングではなく欠陥分布識別を目的とする限りにおいては、複数のウェーハを解析対象とすることも可能である。その場合、まず、複数のウェーハの欠陥位置座標を重ね合わせ、重ね合わせられた欠陥位置座標をもとに高密度領域画像を作成すればよい。

#### 【0101】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、検査装置によって検出された欠陥位置座標に基づいて繰り返し欠陥、密集欠陥、円弧状分布欠陥、放射状分布欠陥、線状分布欠陥、環・塊状分布欠陥、ランダム欠陥といったそれぞれ発生原因の異なる分布特徴カテゴリに分類するため、不良原因の絞り込みが容易にできる。

**【0102】**

また、欠陥の高密度部分を表す高密度領域画像を最適画像サイズで作成するため、微弱な欠陥分布パターンであっても、パターン領域を抽出することができる。

**【0103】**

また、本発明によれば、高密度領域画像を複数の幾何学的パターンのうちいずれかに分類するため、計算時間、記憶容量ともに実用的なレベルでの欠陥分布状態の解析が実現可能となる。

**【0104】**

さらに、複数の幾何学的パターンのそれぞれに予め意味づけすることが可能なので、装置・プロセス起因の不良原因の特定を容易にすることができる。

**【図面の簡単な説明】**

【図1】 本発明の欠陥データ解析方法の概念を表す図

【図2】 繰り返し欠陥識別のフロー

【図3】 最近点ボロノイ図の例

【図4】 円弧検出の原理を説明する図

【図5】 円弧状分布欠陥識別のフロー

【図6】 ハフ変換の原理を説明する図

【図7】 組合せハフ変換の処理の例

【図8】 放射状分布欠陥識別のフロー

【図9】 線状分布欠陥識別のフロー

【図10】 線状分布欠陥識別処理方法を説明する図

【図11】 環・塊状分布欠陥識別の概念を表す図

【図12】 高密度領域画像作成のフロー

【図13】 環状の辞書パターンの自動生成方法を説明する図

【図14】 塊状の辞書パターンの自動生成方法を説明する図

【図15】 高密度領域画像と辞書パターン画像との一致度算出方法を説明する

図

【図16】 部分検査ウェーハに適用可能な環・塊状分布識別の概念を表す図

【図 17】 第一のユーザパターン登録方法を説明する図

【図 18】 第二のユーザパターン登録方法を説明する図

【図 19】 本発明の検査装置の第一の構成例

【図 20】 本発明の検査装置の第二の構成例

【図 21】 欠陥データ解析結果表示画面例

【図 22】 本発明のレビューシステムの構成例

【符号の説明】

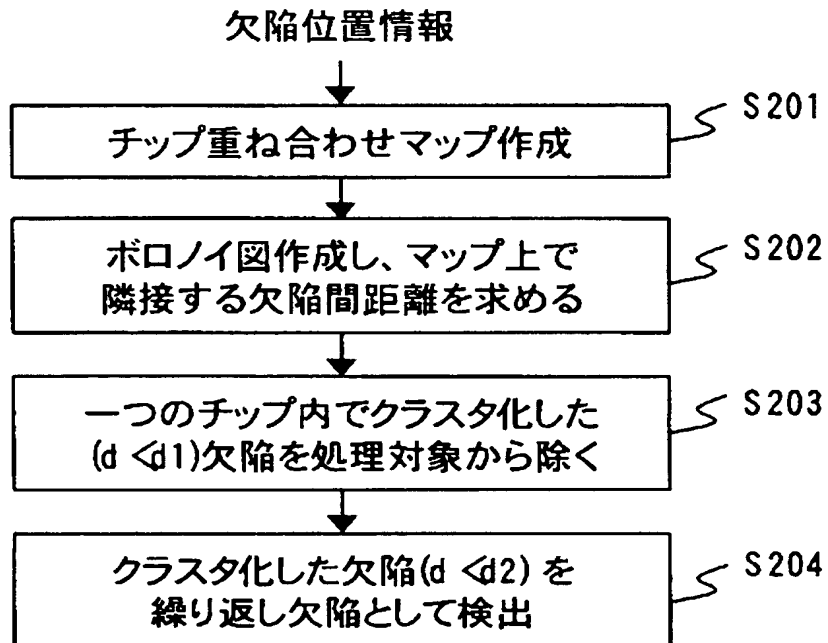
101…検査装置      102…欠陥データ      103…ウェーハマップ  
301…パターン情報付加手段      302…記憶手段      303…検査手段  
304…欠陥データ解析手段、305…表示手段、306…ユーザパターン登録  
手段      307…サンプリング条件作成手段      308…サンプリング手段  
401…異物検査装置      402…光学式パターン欠陥検査装置      403…S  
EM式パターン欠陥検査装置      404…欠陥データ解析装置      405…レビ  
ュー装置      406…データサーバ      407…端末装置





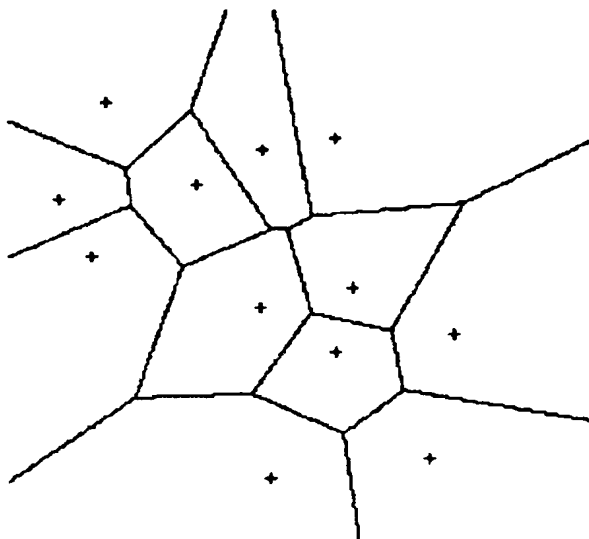
【図 2】

図 2



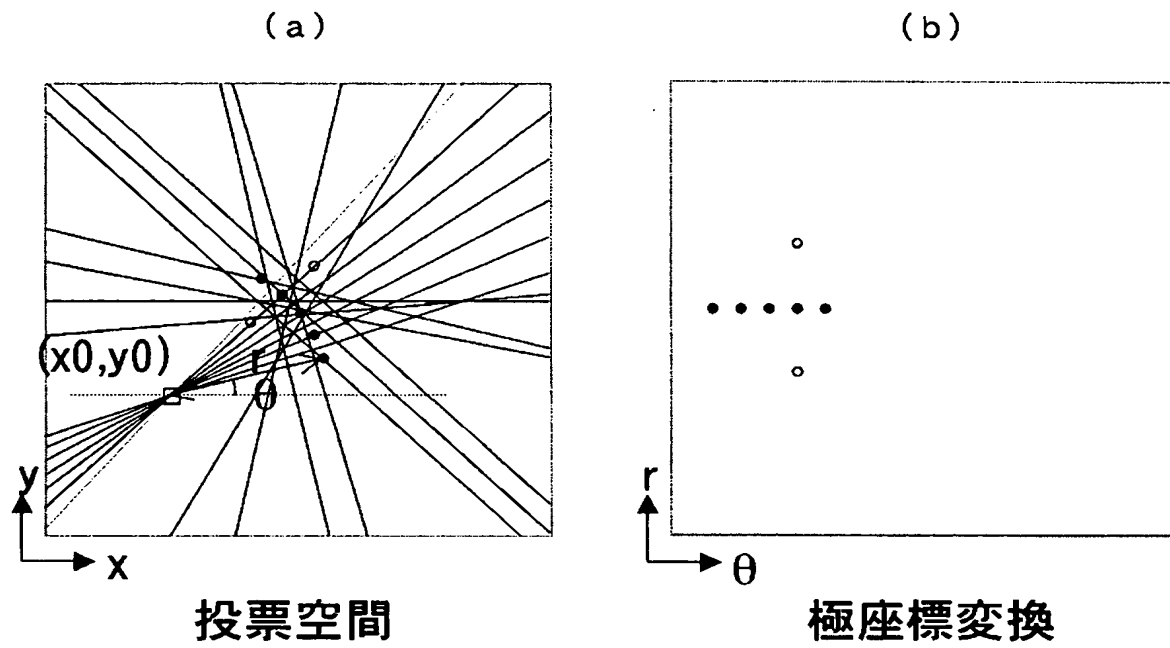
【図 3】

図 3



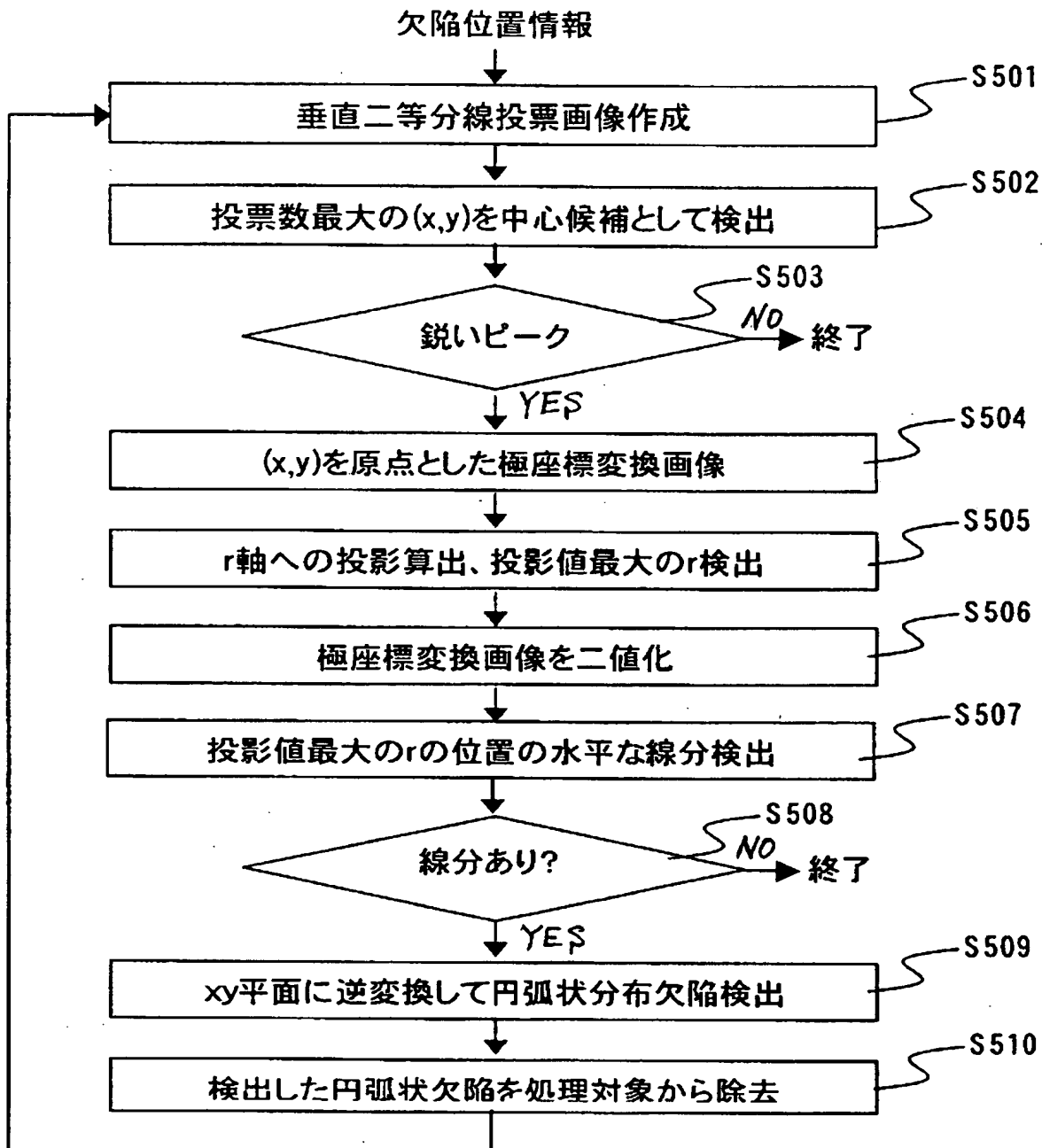
【図 4】

図 4



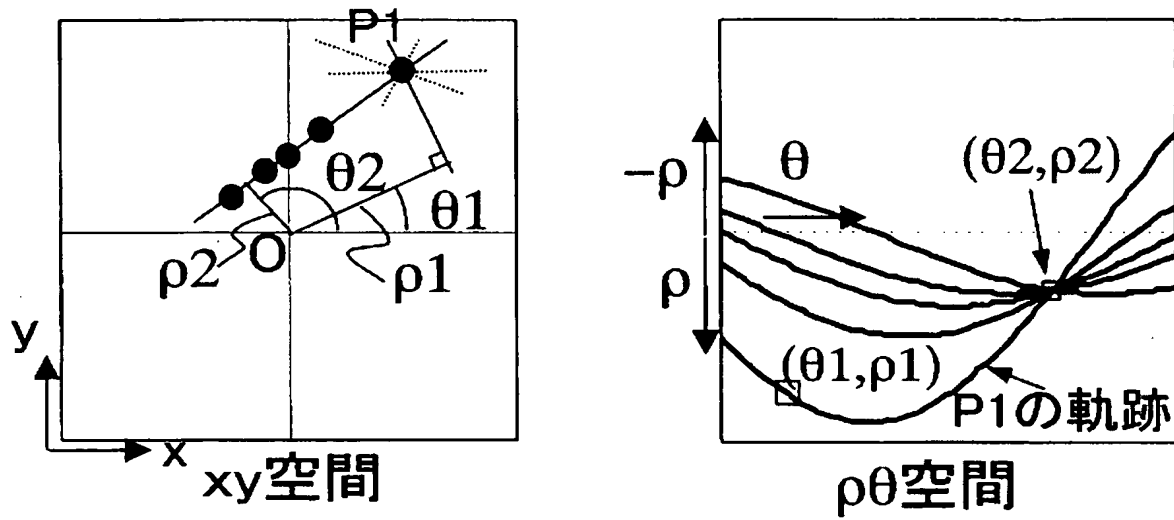
【図 5】

図 5



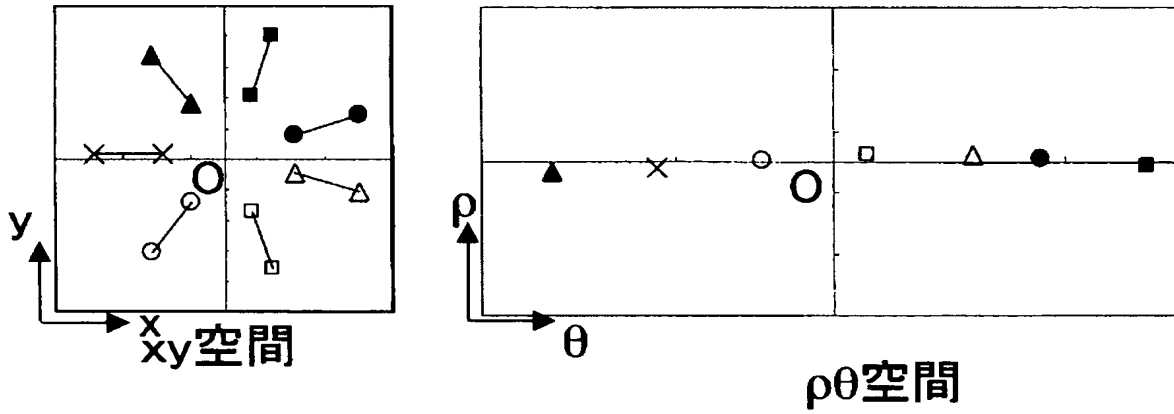
【図6】

図6



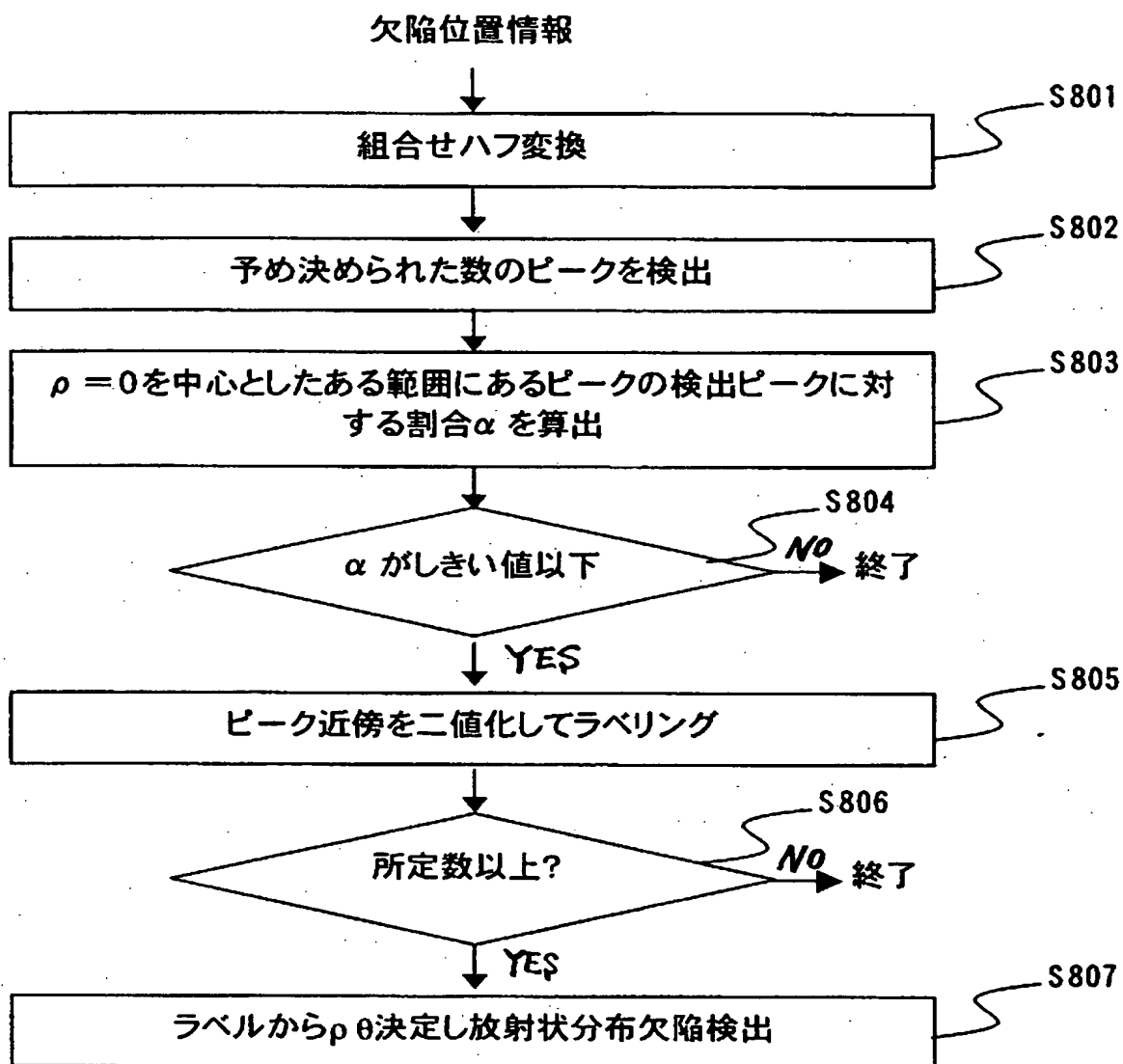
【図7】

図7



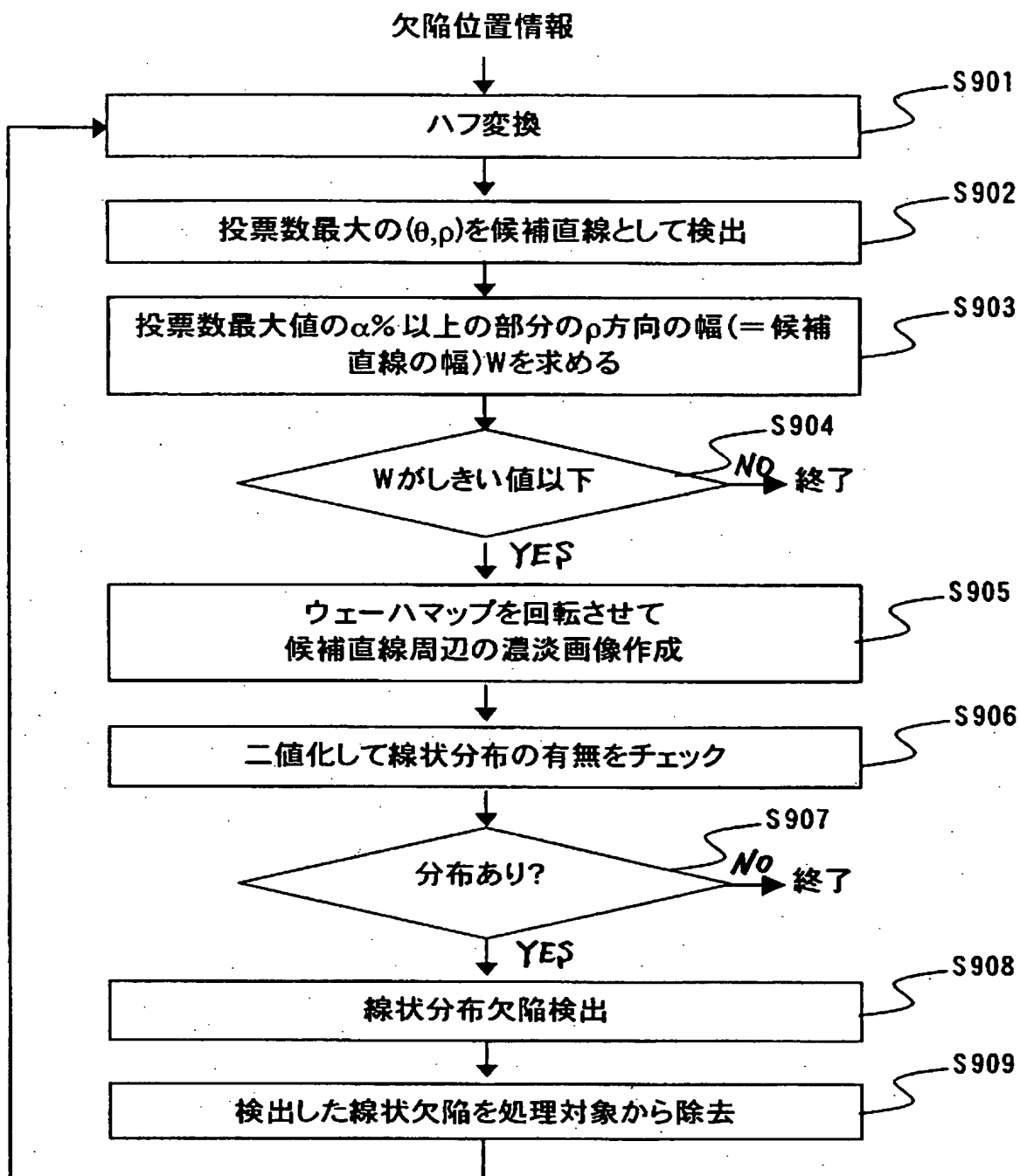
【図 8】

図 8



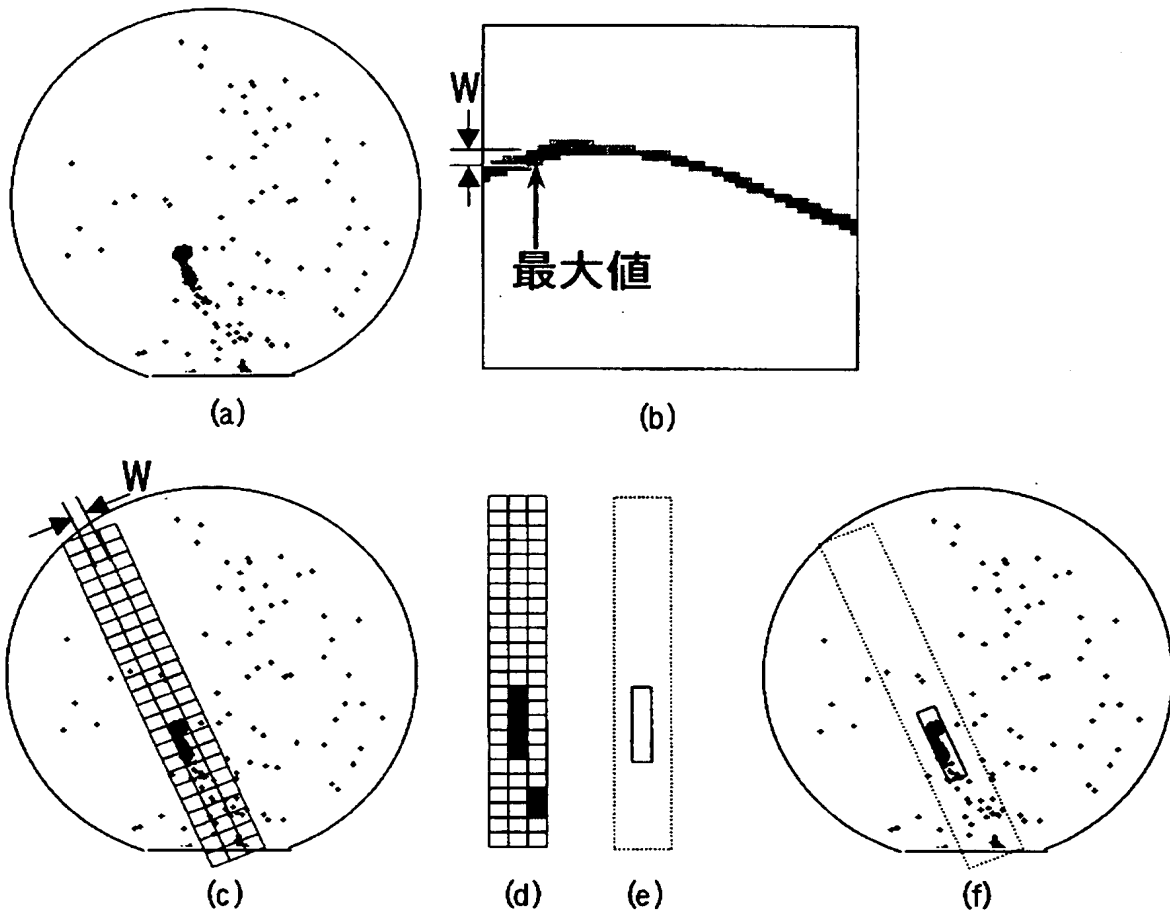
【図 9】

図 9



【図 10】

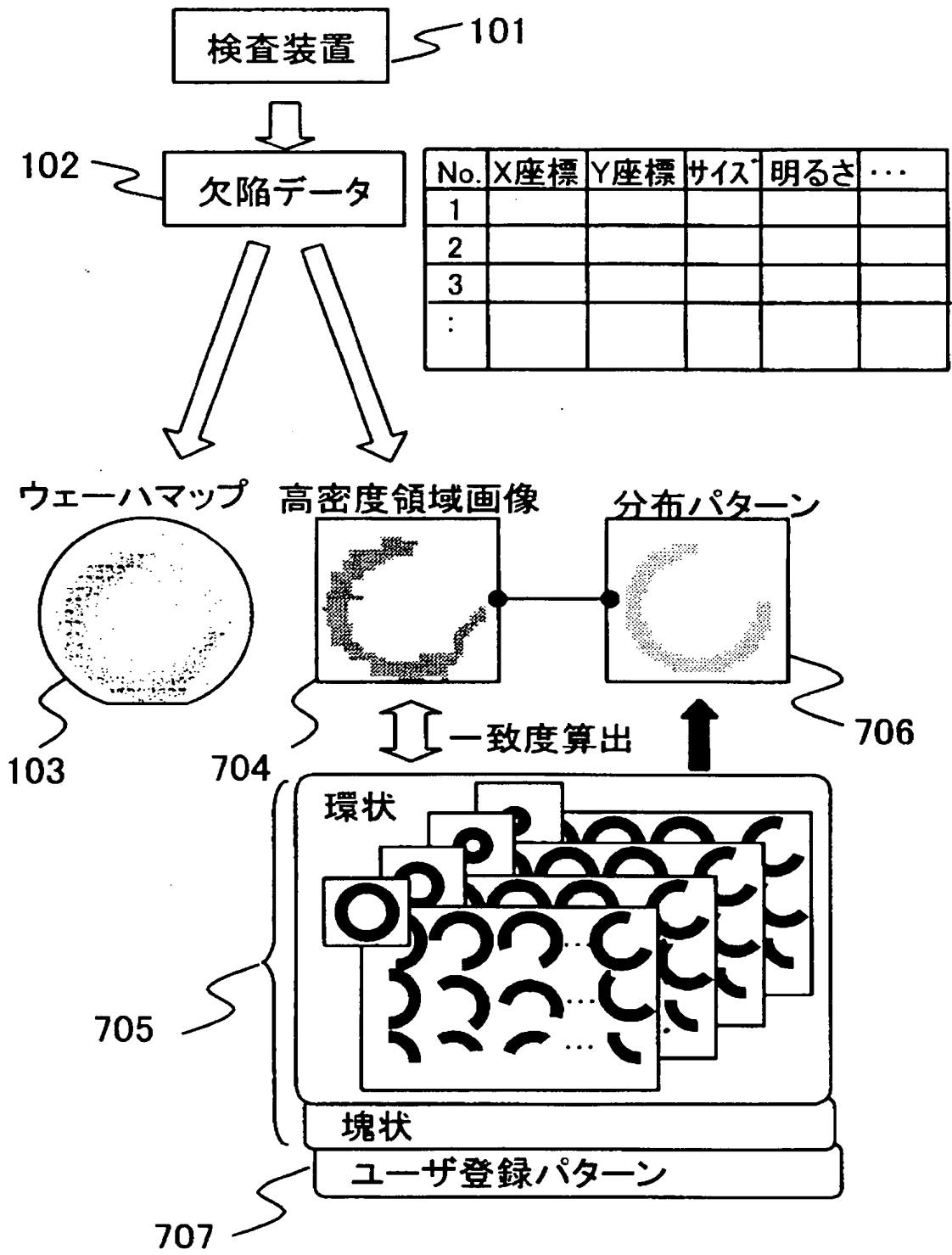
図 10





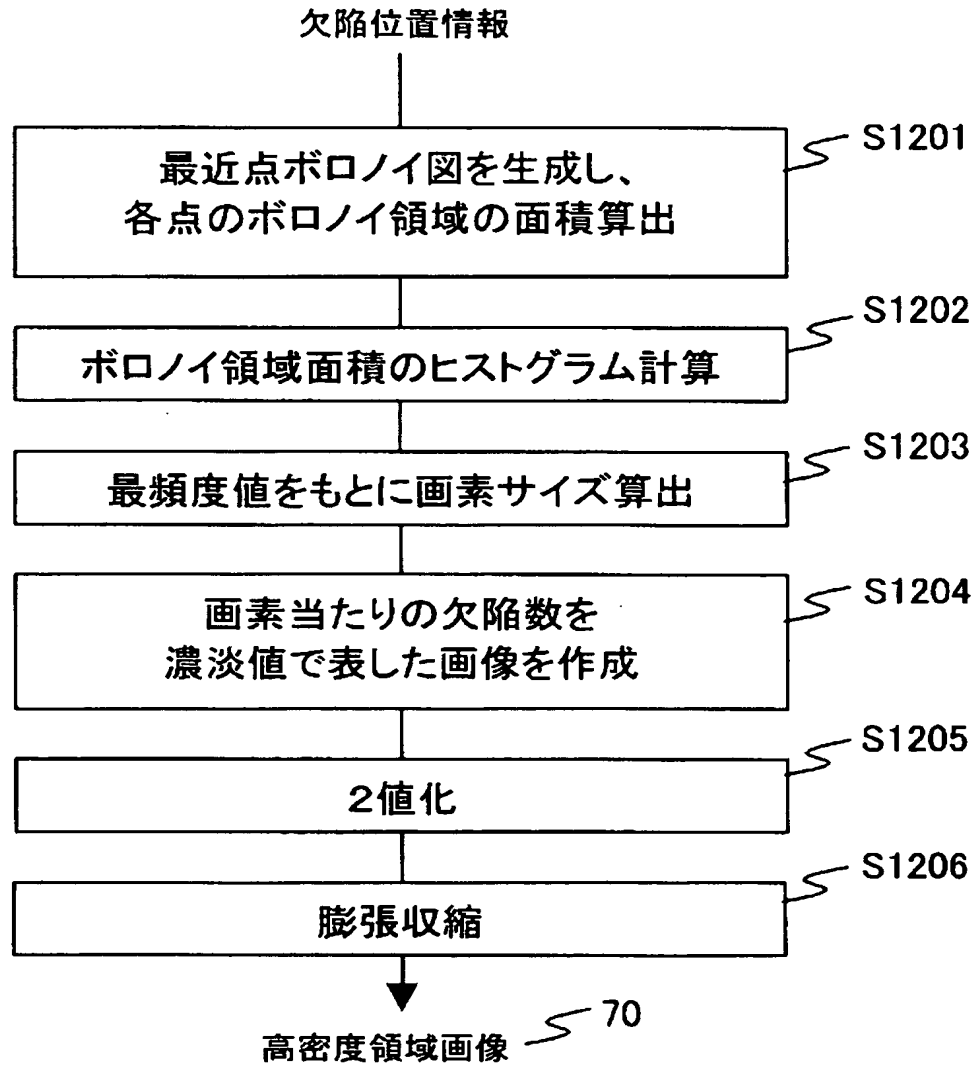
【図 11】

図 11



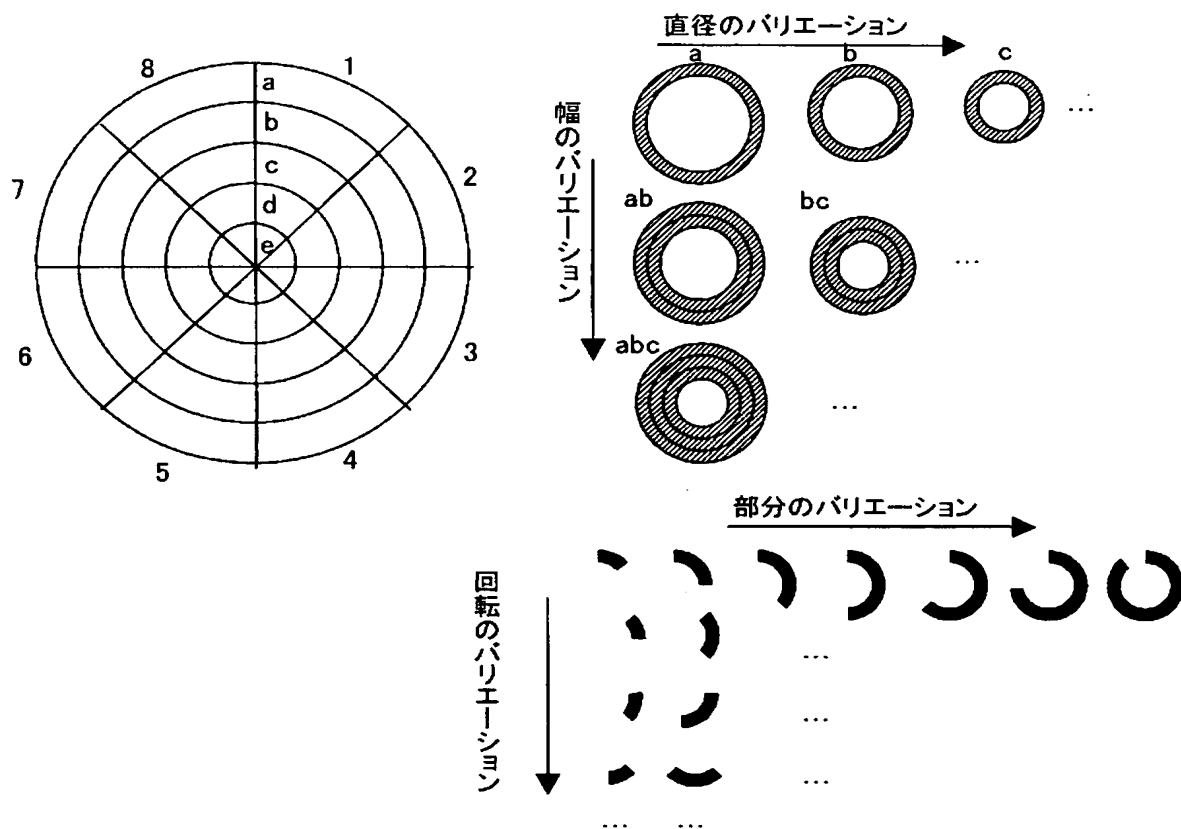
【図 12】

図 12



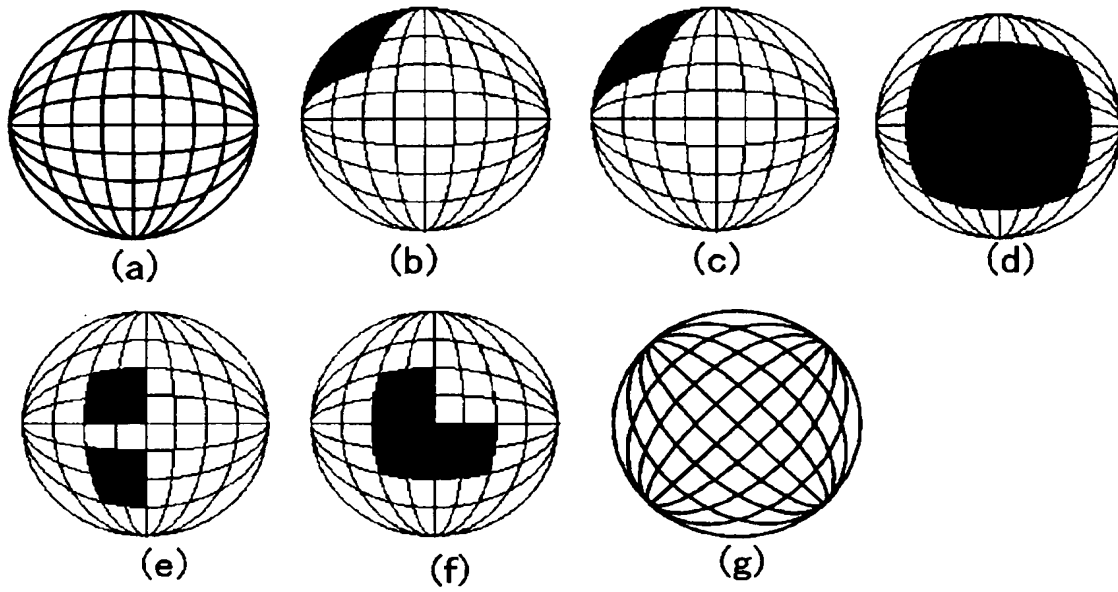
【図 13】

図 13



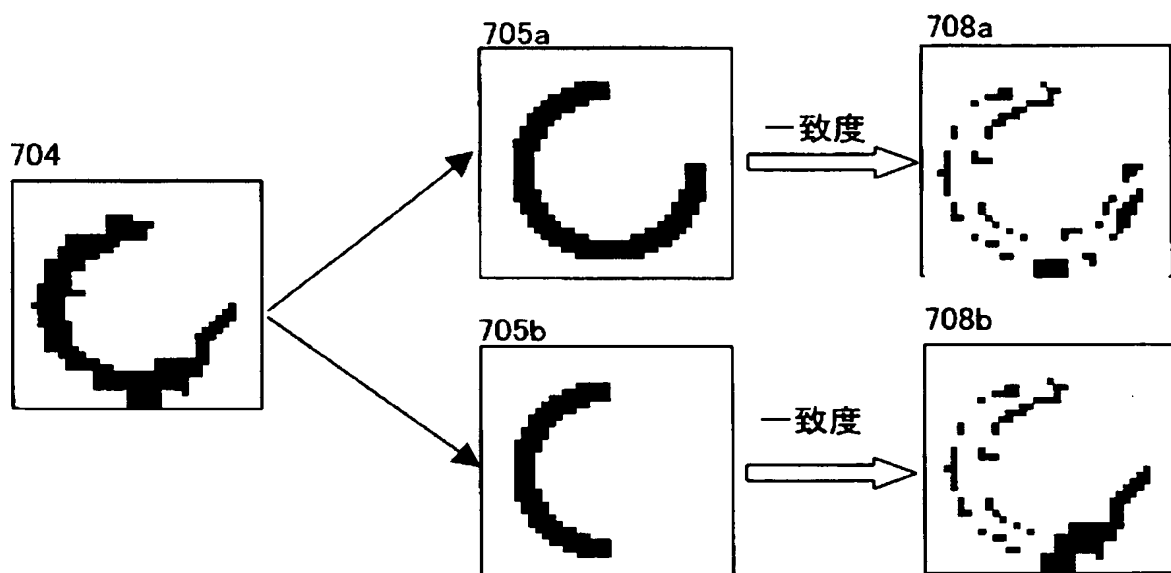
【図 14】

図 14

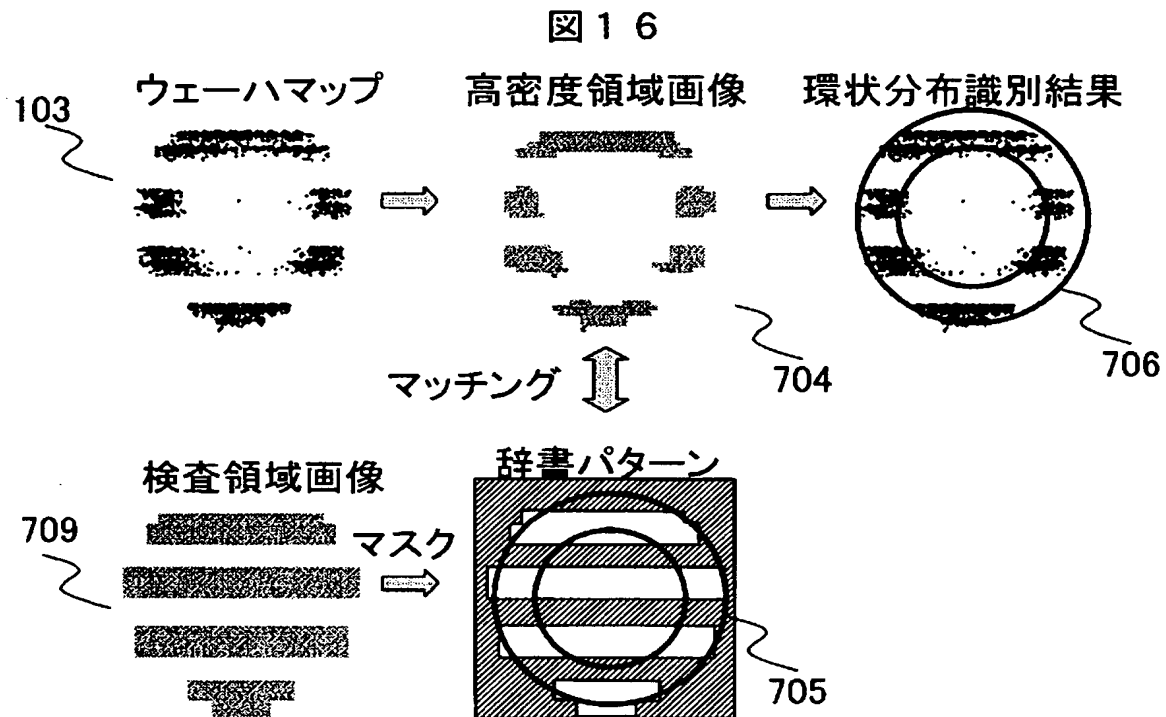


【図 15】

図 15

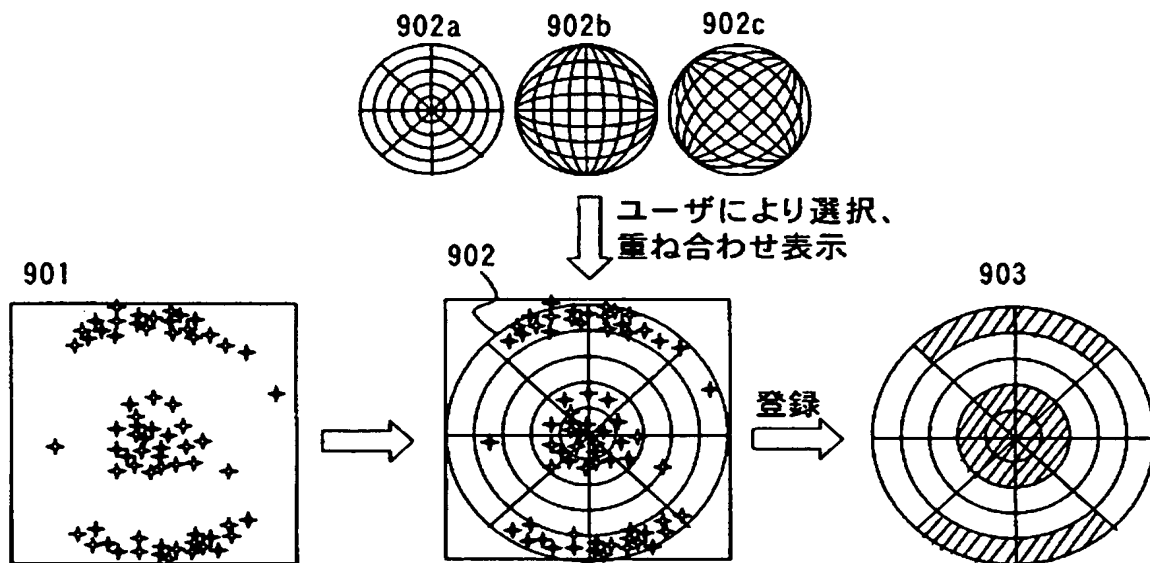


【図 16】



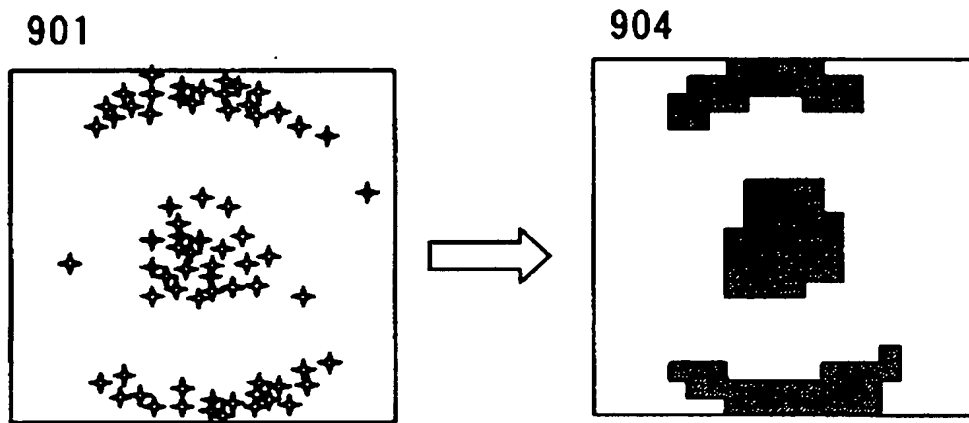
【図 17】

図 17



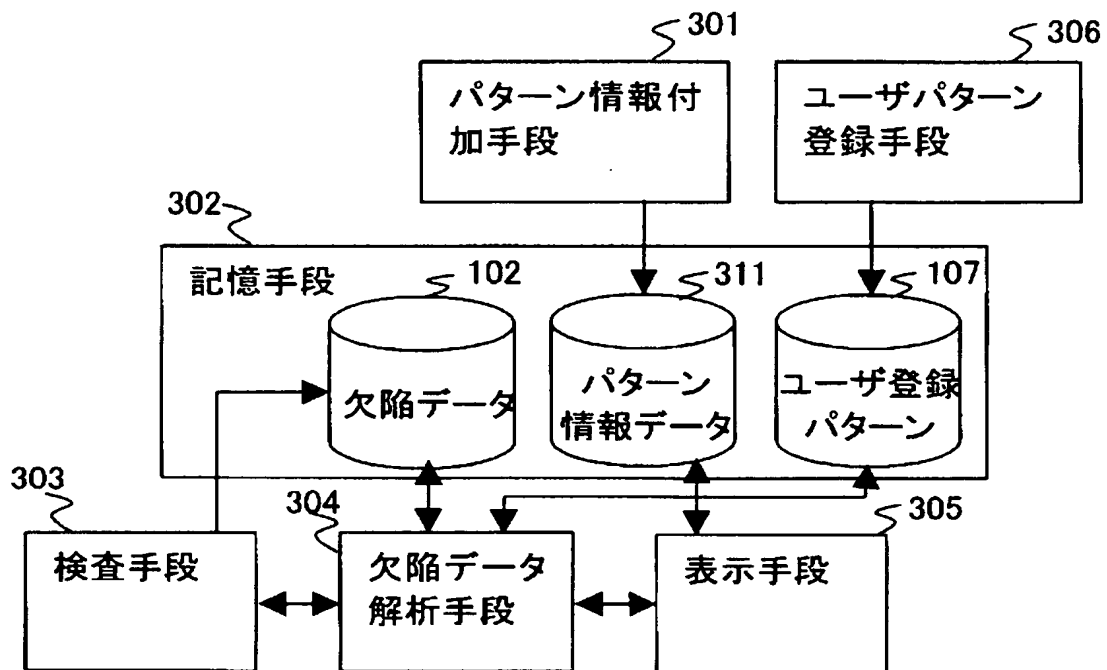
【図 18】

図 18

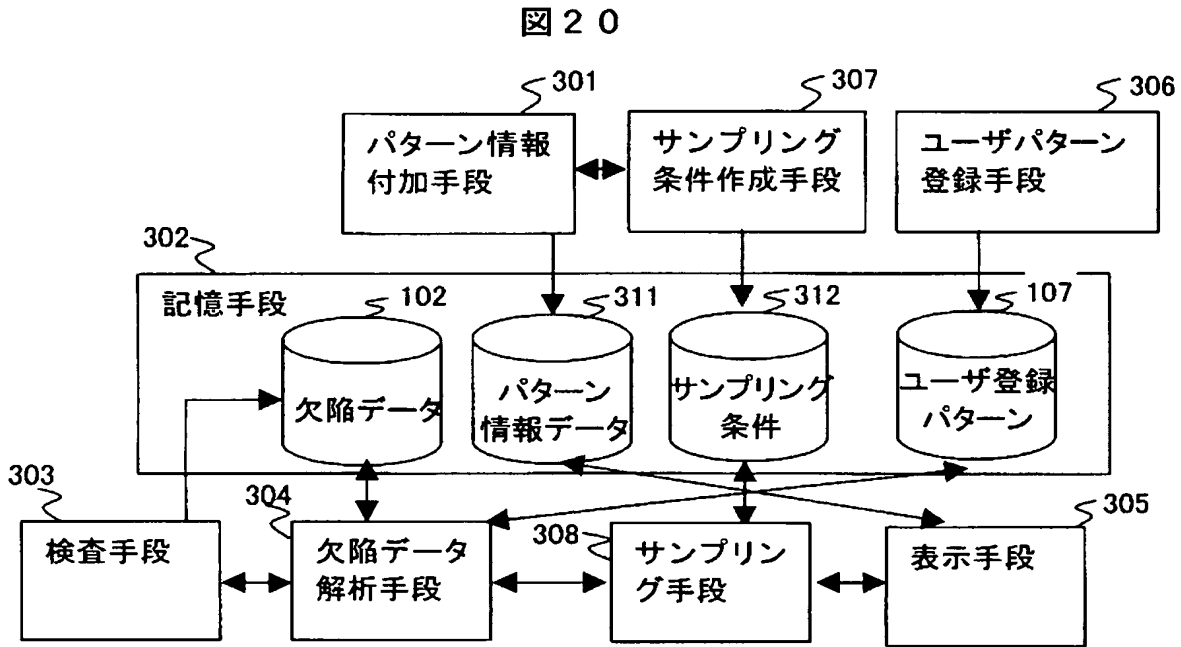


【図 19】

図 19

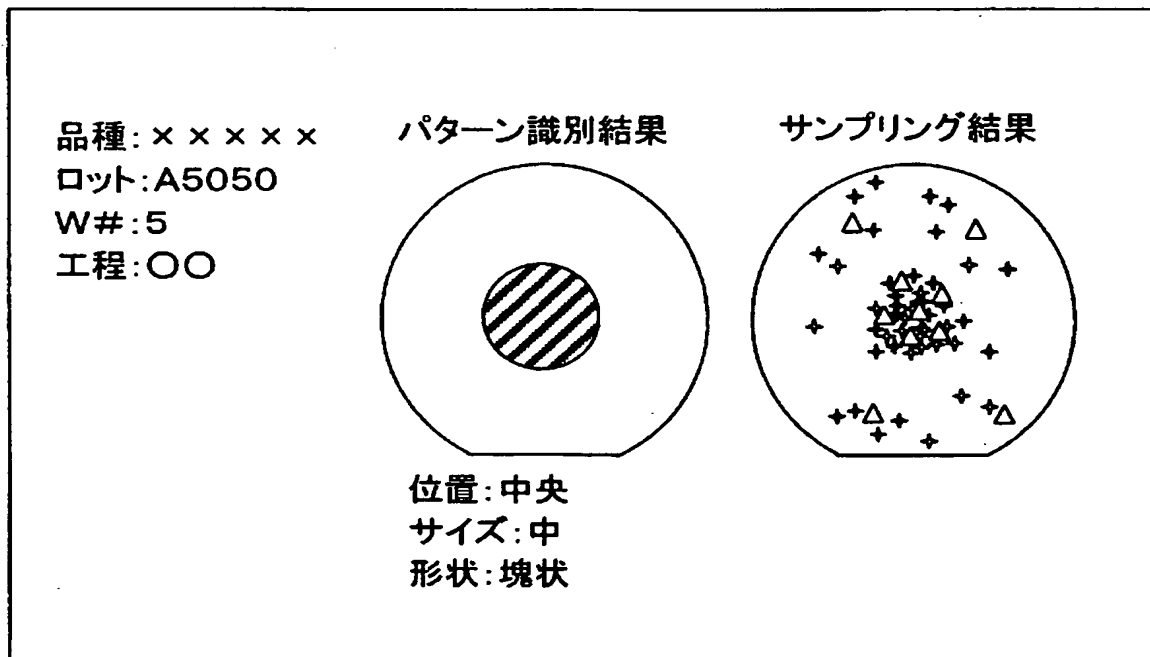


【図 20】



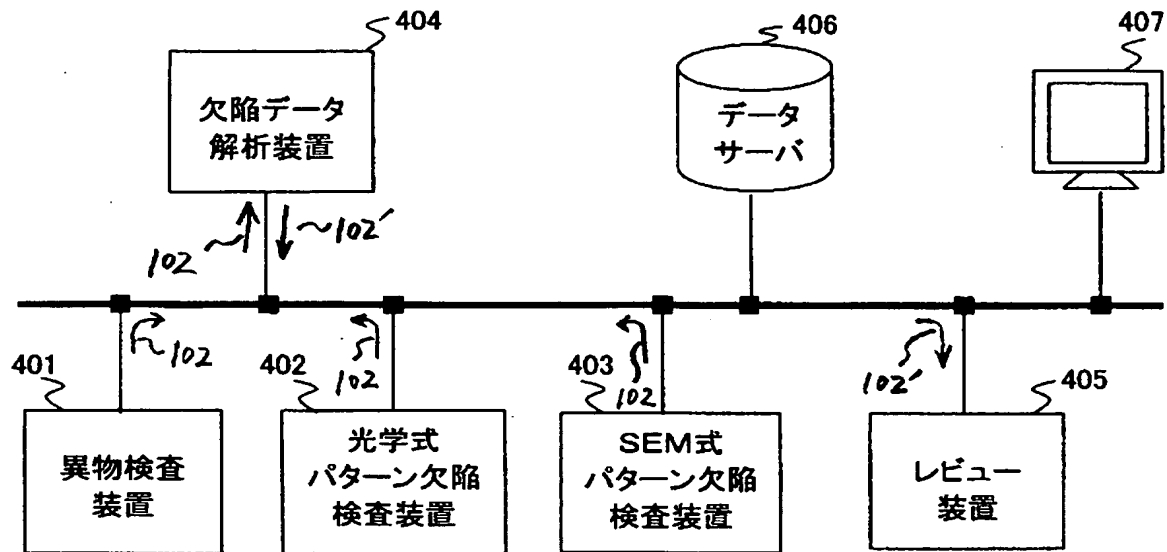
【図 21】

図 21



【図 22】

図 22





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

半導体ウェーハの製造工程において、検査装置によって検出された欠陥データに基づいて欠陥分布状態解析を行い、装置あるいはプロセス起因の不良原因の特定を容易にする。

【解決手段】

検査装置によって検出された欠陥位置座標に基づいて欠陥の分布状態を解析し、繰り返し欠陥、密集欠陥、円弧状分布欠陥、放射状分布欠陥、線状分布欠陥、環・塊状分布欠陥、ランダム欠陥のうちいずれかの分布特徴カテゴリに分類する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 2 1 7 3
受付番号	5 0 2 0 1 4 4 7 5 0 6
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0 0 9 3
作成日	平成 1 4 年 9 月 3 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 9月27日
-------	-------------

次頁無

【書類名】 出願人名義変更届

【あて先】 特許庁長官殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2002-282173

【承継人】

【識別番号】 501387839

【氏名又は名称】 株式会社日立ハイテクノロジーズ

【承継人代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【譲渡人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【譲渡人】

【識別番号】 000233480

【氏名又は名称】 日立電子エンジニアリング株式会社

【譲渡人代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 4,200円

【提出物件の目録】

【包括委任状番号】 9902691

【包括委任状番号】 9102718

【包括委任状番号】 0118200

【物件名】 譲渡証書 1

【提出物件の特記事項】 手続補足書で補足する。

【プルーフの要否】 要

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-282173
受付番号	50300243648
書類名	出願人名義変更届
担当官	駒崎 利徳 8640
作成日	平成15年 4月30日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】	平成15年 2月17日
【承継人】	
【識別番号】	501387839
【住所又は居所】	東京都港区西新橋一丁目24番14号
【氏名又は名称】	株式会社日立ハイテクノロジーズ
【承継人代理人】	
【識別番号】	100075096
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 株式会社 日立製作所 知的財産権本部内
【氏名又は名称】	作田 康夫
【譲渡人】	申請人
【識別番号】	000005108
【住所又は居所】	東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
【氏名又は名称】	株式会社日立製作所
【譲渡人】	
【識別番号】	000233480
【住所又は居所】	東京都渋谷区東3丁目16番3号
【氏名又は名称】	日立電子エンジニアリング株式会社
【譲渡人代理人】	
【識別番号】	100075096
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 株式会社 日立製作所 知的財産権本部内
【氏名又は名称】	作田 康夫

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 8 2 1 7 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所



特願 2 0 0 2 - 2 8 2 1 7 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 3 3 4 8 0 ]

- |          |                         |
|----------|-------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 0 年    8 月    8 日 |
| [変更理由]   | 新規登録                    |
| 住 所      | 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 |
| 氏 名      | 日立電子エンジニアリング株式会社        |
|          |                         |
| 2. 変更年月日 | 1 9 9 4 年    9 月 2 0 日  |
| [変更理由]   | 住所変更                    |
| 住 所      | 東京都渋谷区東 3 丁目 1 6 番 3 号  |
| 氏 名      | 日立電子エンジニアリング株式会社        |



特願 2 0 0 2 - 2 8 2 1 7 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 1 3 8 7 8 3 9 ]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 1 0 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号

氏 名

株式会社日立ハイテクノロジーズ